

Maikon Di Domenico

**POLIQUETAS INTERSTICIAIS DE PRAIAS ARENOSAS DO PARANÁ E  
SANTA CATARINA - BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas área de concentração Zoologia. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Paulo da Cunha Lana

CURITIBA  
2007

Maikon Di Domenico

**POLIQUETAS INTERSTICIAIS DE PRAIAS ARENOSAS DO PARANÁ E  
SANTA CATARINA - BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas área de concentração Zoologia. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Paulo da Cunha Lana

CURITIBA  
2007

Aos meus avós Olírio Fregulia<sup>†</sup> e Ana Fregulia,  
amantes da natureza e meus refúgios  
de serenidade, muito obrigado!

Agora, eis os cinco elementos da arte da Guerra:

- I. A medida do espaço;
- II. A avaliação das quantidades;
- III. As regras de cálculo;
- IV. As comparações;
- V. As chances de vitória.

As medidas do espaço derivam do terreno;  
as quantidades derivam da medida;  
os números emanam das quantidades;  
as comparações decorrem dos números,  
e a vitória é o fruto das comparações.”

**A Arte da Guerra.**  
**Sun Tzu,** (cerca de 500 A. C.)



## **Agradecimentos**

Ao programa de pós-graduação em Ciências Biológicas – Zoologia da Universidade Federal do Paraná, e a CAPES, por fornecer bolsa de mestrado ao longo de todo o período da dissertação.

Ao Sr. Nilso Di Domenico e a Sra. Edileusa Ana Di Domenico, por tantas coisas que daria em folhas de papel muito mais que todas as folhas desta dissertação. Mas que vou expressar aqui apenas com a palavra Amor.

Aos meus Avós, Sr. Olívio Fregulia<sup>†</sup> e Sra. Ana Betinelli Fregulia, meus refúgios de paz e serenidade.

A duas crianças maravilhosas, minha sobrinha Giovanna Di Domenico Santos e minha prima Mariana Emily Fregulia, que já aderiram a poliquetologia.

A minha irmã Cibele Di Domenico dos Santos e a todos da minha enorme, barulhenta e alegre família Italiana, que irão protestar por seus nomes não estarem escritos aqui, eu gostaria de dizer: - É por isso que amo vocês!!!

Ao Dr. Paulo da Cunha Lana, orientador e amigo, por acreditar nos poliquetas intersticiais, apoiar, orientar brilhantemente, pelas excelentes correções e financiar este projeto de dissertação.

Ao Dr. Tito César Marques de Almeida, um eterno orientador, e grande amigo, por muitas idéias, pelo apoio, pela tolerância, por ter ajudado a idealizar e também financiar este projeto e, principalmente pelo incentivo acadêmico.

Ao Dr. Sérgio Netto, exímio caçador de meiofauna, por estar sempre presente na minha formação acadêmica e pelos muitos auxílios laboratoriais que ajudaram a financiar este projeto.

Ao Doutores André R. S. Garraffoni, Cinthya S. G. Santos e a Bióloga Verônica M. Oliveira, por também acreditarem nos poliquetas intersticiais e pelos muitos auxílios na ciência poliquetológica.

Ao Dr. Carlos A. Borzone e ao Msc. Leonardo Rosa, pelos auxílios teóricos e metodológicos nas amostragens das praias.

Aos Doutores Sérgio Netto, Carlos A. Borzone e Rosana Moreira da Rocha por se disporem a participar da banca examinadora desta dissertação de mestrado.

Ao Dr. Paulo J.P. dos Santos, pelas informações a respeito dos poliquetas intersticiais, mesmo que em poucos minutos de conversa, e em se dispor a contribuir para esta dissertação.

Ao Dr. André R. S. Garraffoni, um grande incentivador e amigo, que sempre se mostrou disposto a ajudar e contribuir no conhecimento dos poliquetas intersticiais.

Aos Doutores Carlos A. Borzone, Maurício Camargo, Orlei Negrello Filho, Sérgio Netto e Tito C. M. Almeida, por auxiliar nas aplicações das análises estatísticas.

A todos os amigos que ajudaram nas coletas: Ana Luíza G. Martins, André R. S. Garraffoni, Alessandro (preto), Bruno H. Perssel, Cleiton J. Foster, Daniel Rocha, Daniel dos foraminíferos, Fernando de Souza, Fernando César dos Santos, Lino Pedro Filho, Micheli Cristina Thomas, Paulo Bernardes da Costa, Thiago E. Rohr, Tito C. M. de Almeida.

A grande amiga, Micheli Cristina Thomas, pelas excelentes conversas meióbênticas e pelas várias ajudas no que se refere à vida acadêmica de um mestrando.

Ao amigo Bruno H. Perssel, pelas boas conversas teóricas sobre improbabilidades infinitas, origem da grafite, povos andinos, biologia, fractais, música, arte, jardinagem e os auxílios ...*in my dangerous English*. Como escreveu Martin Wells: “Um cavalheiro deveria saber alguma coisa sobre zoologia de invertebrados! Chame isso de cultura ou do que quiser, da mesma forma que saber alguma coisa de pintura, música e jardinagem.” (Martin Wells, *Lower animals*, 1968).

Ao amigo, filósofo e técnico do Laboratório de Bentos, Fernando César dos Santos, pela ajuda nas coletas e no processamento das amostras. O término deste trabalho dentro do cronograma proposto só foi possível com a ajuda desta grande personalidade. Minha sincera gratidão e admiração!

A amiga e técnica do Laboratório de Sedimentologia (UFPR/CEM), Sirlei Ghisi de Oliveira, pelo auxílio com as amostras de sedimento, por muitos favores e aquelas excelentes feijoadas.

A todos os amigos do Laboratório de Bentos (UFPR/CEM): André R. S. Garraffoni, Cinthya S.G. Santos, Fernando César dos Santos, Laura Soto, Kalina Brauko, Heliatrice Louise, Luciana Sereneski, Igor Pessoa, Leonardo Morissim,

Leonardo Sandrini, Váder Braga, Verônica M. Oliveira, Yasmine Neptuno, Fabiana, Micheli Cristina Thomas, Marco, Luciana, Pedro, Alessandro, Orlei N. Filho..... Será que cabe mais alguém? A todos vocês muito obrigado pelo excelente ambiente de trabalho, pelas muitas discussões científicas, risadas e pipocas, onde sempre chegamos a conclusão que... “no fundo, no fundo, tudo é Bentos”.

Aos amigos do Laboratório de Ecologia de Comunidades Aquáticas (UNIVALI/CTTMar): Thiago E. Rohr, Cleiton J. Foster, Daniel S. Buratto, Juliana, Talita, Mateus, Henrique Gomes, Prof. Tito C. M. de Almeida, Prof. Mauricio Hostin e Prof. Ricardo Corbetta. Vocês eu incomodei pra valer, sem palavras para expressar minha gratidão!

Aos amigos do Laboratório de Ciências Marinhas (UNISUL): Prof. Sérgio Netto, Tiago José Pereira, Tatiana Wronski, Fernando Teixeira Tártare, Manuela Vicente, Flávia Medeiros Savi, Aline Zaccarom Meurer, Israel Valgas. Valeu o aprendizado, amizade e assistência nas análises de fitobentos.

Ao Laboratório de Química (UFPR/CEM), nas pessoas da Dra. Eunice Machado, Ms. Nilva Brandini e Liciane, Ms. Fabian Sá e o oceanógrafo Birigui, por ceder o espaço para as análises de fitobentos e empréstimos de vidrarias.

Ao Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (UNIVALI/CTTMar), a Oceanógrafa Lua Gabriela Nunes da Silva e aos Profs. João Tadeu de Menezes e Sergey Araújo, pelos mapas e dados meteorológicos.

Ao Laboratório de Física Marinha (UFPR/CEM), ao Dr. Eduardo Marone, Ms. Luiz Fernando de Carli Lautert, Ms. Clécio de Quadros, Oceanógrafos Marcos Gândor e Rangel Angelotti, pelos dados meteorológicos e fotos aéreas.

Ao Laboratório de Geoprocessamento Costeiro (UFPR/CEM), ao Dr. Mauricio Nurenbergher por ceder à foto área do Balneário Atami.

Ao Laboratório de Geologia (UFPR/CEM), e ao Dr. Fernando Veiga pelo auxílio na interpretação dos dados sedimentológicos e topográficos.

Aos amigos e Oceanógrafos, Arthur A.O.S. Celini e Lua Gabriela Nunes da Silva, pelo auxílio na edição gráfica e arte final das figuras da área de estudo.

A UNIVALI, representada na pessoa do diretor do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Dr. João Luiz B. Carvalho, pelas facilidades logísticas para a coleta nas praias de Santa Catarina.

A todos os funcionários do Centro de Estudos do Mar (CEM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), por todas as facilidades logísticas e simpatia nas coletas das praias do Paraná.

Aos professores e funcionárias do programa de pós-graduação em Zoologia (UFPR), em especial a secretária Vera Maria, muito obrigado pelo aprendizado desta fascinante ciência, Zoologia.

Aos amigos de Pontal do Sul (PR), que não citarei os nomes para não ser injusto com ninguém. Muito obrigado por todos os jantares, churrascos, conversas e ótimos momentos.

Aos amigos da época de graduação, que mesmo distantes foram fundamentais em mais esta jornada: Afrânio Gomes Neto, Alexsandro R. Zaleski, Ana L. G. Martins, Andreora D. Schimt, Arthur A.O.S. Celini, Cleiton J. Foster, Daniel F. Rosa, Daniel Sargenti, Fabrício Matos Mendes, Flávia Toniolli, Fernando de Souza, Fernando Kojima Nakagome, Fernando Mayer, Jonatham Junkes, José Roberto Argento Netto, Lua Gabriela Nunes, Lucas Faria, Marcos Gândor Porto Lima, Maria Luíza, Michele J. Lucca, Paula Cirilo, Paulo Bernardes da Costa, Pedro F. Rey, Pedro Sestrem, Reginaldo Nunes, Rodrigo Soares Macedo e Suzana Guedes. Como diz o filme do filtro solar: “Trabalhem duro para transpor as barreiras geográficas, pois quanto mais ficamos velhos, mais sentimos falta dos nossos amigos da juventude”.

A todos vocês a mensagem do Criador do Universo para Marvin, um robô mau humorado 37 vezes mais velho que o próprio Universo: - nos desculpamos pelo inconveniente! (Douglas Adams, *Até Mais, e Obrigado pelos Peixes!*, 1984).

## Prefácio

Os minúsculos poliquetas que habitam o espaço entre os grãos de sedimento compõem uma associação filogenética diversa, representada por pelo menos nove famílias exclusivamente intersticiais, às quais se juntam espécies de famílias tipicamente macrofaunais e larvas ou juvenis que habitam temporariamente estas diminutas dimensões (Westheide, 1988). Estas famílias eram convencionalmente agrupadas em uma mesma classe ou ordem chamada “Archannelida”, com base na sua organização primitiva e no seu modo de vida. Atualmente, sabe-se que a presença de caracteres primitivos em algumas dessas famílias exclusivamente intersticiais é resultado da convergência adaptativa ao habitat intersticial, e a simplicidade de suas estruturas conseqüência do seu pequeno tamanho. Mesmo que os Archannelida não formem um grupo monofilético devido à ausência de sinapomorfias, sua ocorrência em um mesmo habitat justifica que sejam tratados como um único grupo funcional, chamado de “poliquetas intersticiais” ou “meiofaunais” (Westheide, 1990). Para uma detalhada revisão das histórias e debates sobre esses animais, ver Hermans (1969).

O conhecimento taxonômico deste grupo é claramente insatisfatório. Apesar dos importantes estudos de Westheide e seus alunos (Jing & Baoling, 1991; Jing *et al.*, 1991; Baoling & Jing, 1992; Purschke & Jouin, 1988; Purschke, 1990; Purschke, 1993; Purschke & Müller, 1996, Worsaae & Kristensen, 2006) é bastante provável que apenas uma pequena fração das espécies existentes tenha sido reconhecida e descrita. Na costa brasileira, os escassos estudos sobre poliquetas meiofaunais têm caráter taxonômico (Marcus, 1946; 1947; 1948; Siewing, 1954; Westheide, 1974; Santos & Silva, 1992/93), com 14 espécies identificadas até o momento. Os registros existentes estão limitados ao litoral de São Paulo (Baía de Santos, Ilha de São Sebastião e Ubatuba), Rio de Janeiro (Praia Vermelha e Ilha Grande) e Bahia (Ilhéus). Por outro lado, são intrigantes a plasticidade do plano estrutural do corpo dos poliquetas intersticiais, as suas diversificadas histórias de vida, a coexistência de suas diversas formas no microhabitat intersticial e suas altas densidades em praias arenosas, onde podem ultrapassar 1000 indivíduos por

10 cm<sup>2</sup>. Essas seriam algumas das justificativas para o estudo destes diminutos poliquetas em ambientes praias.

O objetivo geral deste trabalho é o estudo da ocorrência e distribuição, espacial e sazonal de poliquetas meiofaunais em praias do Paraná e Santa Catarina, correlacionando-as com as características morfodinâmicas de cada praia. Desta forma, além de ampliar o conhecimento da distribuição geográfica destes organismos, pretendemos iniciar a análise dos processos ecológicos responsáveis pela estruturação de suas associações em praias arenosas da costa brasileira, para futuro uso em modelagens ecossistêmicas, avaliações de impacto ambiental e testes ecotoxicológicos.

Para atender este objetivo foi necessário caracterizar ambientalmente as praias estudadas e desenvolver protocolos ou rotinas de amostragem dos poliquetas intersticiais que fossem representativos e compatíveis com a escala dos processos morfodinâmicos estudados. Neste contexto, a presente dissertação está estruturada em três capítulos. O primeiro descreve as características morfodinâmicas de cada praia estudada. Para isto foram definidos os padrões hidrodinâmicos, morfológicos e granulométricos que poderiam influenciar a ocorrência e distribuição dos poliquetas intersticiais. O segundo capítulo avalia o tamanho ideal do amostrador e o número de réplicas necessárias para amostrar poliquetas intersticiais em praias arenosas, considerando sua distribuição em escala de metros. Estes são pré-requisitos essenciais para a adequada estimativa de parâmetros ecológicos, quantitativos e qualitativos. O terceiro capítulo aborda o objetivo principal, apresentando uma análise de correlação dos poliquetas intersticiais e das variações espaço-temporais dos principais parâmetros físico-químicos condicionadores da sua ocorrência e distribuição em praias arenosas.

## Referências

- BAOLING, W.; JING, Z. Preliminary studies on species of Hesionidae (POLYCHAETA) from Yellow Sea. **Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas**, 10: 36:41. 1992
- JING, Z.; BAOLING, W., A new species of interstitial polychaete *Hesionura shandongensis* sp. n. (POLYCHAETA, PHYLLODOCIDAE) from Yantai, the Huanghai Sea. **Acta Oceanologica Sinica**, 10: 447-450.1991.

JING, Z.; WESTHEIDE, W.; BAOLING, W. A new interstitial species of the genus *Pisione* (POLYCHAETA: PISIONIDAE) from Yellow Sea, China. **Oceanologia et Limnologia Sinica**, 22: 304-308. 1991.

HERMANS, C. O. The systematic position of the Archiannelida. **Systematic Zoology**. 18: 85-102. 1969.

MARCUS, E.D.B.R. On a New Archiannelid, *Saccocirrus gabriellae*, from Brazil. **Comunicaciones Zoológicas del Museu de Historia Natural de Montevideo**, 37(2):1-11. 1946.

MARCUS, E.D.B.R. *Nerilla mediterranea* from Brazil. **Comunicaciones Zoológicas del Museu de Historia Natural de Montevideo**, 45(2):1-6. 1947.

MARCUS, E.D.B.R. Further archiannelids from Brazil. **Comunicaciones Zoológicas del Museu de Historia Natural de Montevideo**, 48(21):1-27. 1948.

PURSCHKE, G; JOUIN, C. Anatomy and ultrastructure of the ventral pharyngeal organs of *Saccocirrus* (Saccocirridae) and *Protodriloides* (Protodriloidae fam. n.) with remarks on the phylogenetic relationships within the Protodrilida (Annelida: Polychaeta). **Journal of the Zoological Society of London**, 215: 405-432. 1988.

PURSCHKE, G. Comparative electron microscopic investigation of the nuchal organs in *Protodriloides*, *Protodrilus*, and *Saccocirrus* (Annelida, Polychaeta). **Canadian Journal of Zoology**, 68: 325-338. 1990.

PURSCHKE, G. Structure of the prostomial appendages and the central nervous system in the Protodrilida (Polychaeta). **Zoomorphology**. 113: 1-20.

PURSCHKE, G.; MÜLLER, M.C. Structures of prostomial photoreceptor-like sense in *Protodriloides* species (Polychaeta, Protodrilida). **Cahiers de Biologie Marine**, 37:205-219. 1996.

SIEWING, R. Zur Verarbeitung von *Pisionidens indica* Aiyar and Alikunnnhi. **Kieler Meeresforsch**, 10: 81-83. 1954.

SANTOS, P.J.P.; SILVA, V.M.A.P. *Macrochaeta westheidei* n.sp., first record of Acrocirridae for the Brazilian coast (Annelida, Polychaeta). **Nerítica**, 7:7-12. 1992/93.

WESTHEIDE, W. Polychaeta. In: HIGGINS, R.P; THIEL, H. *Introduction to the Study of Meiofauna*. 1ed. London, Smithsonian Institution Press. 1988. p. 332-344.

WESTHEIDE, W. Interstitielle Polychaete naus brasilianischen Sandstränden. **Mikrofauna des Meeresbodens**. 31: 1-16. 1974.

WESTHEIDE, W., *Polychaetes: Interstitial Families*. London, Publ. The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Science Association. 1990.

WORSAAE, K.; KRISTENSEN, R.M. Evolution of interstitial Polychaeta (Annelida). **Developments in Hidrobiology**, 179: 319-340. 2006.



## Sumário

Lista de Figuras .....	xiv
Lista de Tabelas .....	xviii
<b>Capítulo 1. Características morfodinâmicas de praias arenosas e implicações para a ocorrência da fauna intersticial</b>	
Resumo .....	20
Abstract.....	21
Introdução.....	22
Materiais e Métodos .....	25
Área de Estudo .....	25
Coleta de dados primários .....	26
Composição de índices morfodinâmicos.....	29
Tendências de variação espaço-temporal .....	30
Resultados e Discussão .....	32
Características Ambientais.....	32
Descrição das Praias .....	37
Associação A e C (Ilhota e Estaleiro).....	37
Associação B (Mansa) .....	43
Associação D (Navegantes, Nereidas e Atami). .....	47
Referências.....	55
Anexos.....	63
<b>Capítulo 2. Protocolos otimizados de amostragem de poliquetas intersticiais em praias arenosas expostas</b>	
Resumo .....	68
Abstract.....	69
Introdução.....	70
Metodologia .....	73
Área de estudo.....	73
Amostragem.....	74
Análise dos Dados .....	75
Resultados.....	78
Discussão .....	86
Referências.....	89
<b>Capítulo 3. Padrões de ocorrência e distribuição de poliquetas intersticiais ao longo de um gradiente morfodinâmico de praias arenosas de Santa Catarina e Paraná (Brasil)</b>	
Resumo .....	94
Abstract.....	95
Introdução.....	96
Materiais e Métodos .....	99
Análise dos dados.....	103
Resultados e Discussão .....	106
Características morfodinâmicas das praias.....	106
Ocorrência de poliquetas intersticiais.....	108
Associações de poliquetas.....	116
Correlações.....	123
Referências.....	131

## Lista de Figuras

### **Capítulo 1**

<b>Figura 1.</b> Localização geográfica das seis praias estudadas.....	26
<b>Figura 2.</b> Desenho esquemático do aparato de campo para medida do tempo de decantação da água do mar ao longo de $\Delta h$ . As variáveis $r$ , $h$ , $\Delta h$ e $\Delta t$ , usadas no cálculo do coeficiente de condutividade hidráulica ( $K$ ) estão denominadas no texto acima.....	27
<b>Figura 3.</b> Análise das Componentes Principais (PCA), ilustrando os eixos 1 e 2 (a) e eixo 3 e 1 (b) para as praias estudadas nos dois períodos amostrais, inverno representado pela cor azul e verão representado pela cor alaranjando. Vetores representando as variáveis: Altura de onda ( $H_b$ ), razão entre Tonda e Tespraiamento ( $To/Tes$ ), condutividade hidráulica ( $K(\text{cm.s}^{-1})$ ), ângulo de inclinação da face praial (Ângulo ( $^\circ$ )), reative tide range (RTR), velocidade de queda adimensional (Ômega), Tamanho médio do grão em phi ( $\phi$ médio), porcentagem de carbonato de cálcio ( $\%CaCO_3$ ), porcentagem de matéria orgânica ( $\%MO$ ) e temperatura do sedimento ( $T^\circ C$ ). Linhas tracejadas interpretativas das associações espaço-temporais das praias estudadas: A – Praia do Estaleiro e Ilhota no período do verão, B – Praia Mansa no período de inverno e verão, C – Praia do Estaleiro e Ilhota no período de inverno e, D – Praia de Navegantes, Balneário Atami e Nereidas, período de inverno (D1) e verão (D2). ....	35
<b>Figura 4.</b> Concentrações de clorofila <i>a</i> e feopigmentos no sedimento (média $\pm$ EP), para as praias considerando os níveis praias (zona de espraio e zona de surfe) o inverno (cor azul) e o verão (cor laranja).....	36
<b>Figura 5.</b> Localização dos transectos (1, 2 e 3) amostrados na Praia do Estaleiro (Est) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção subaérea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google™ Earth 4.0. ....	38
<b>Figura 6.</b> Localização dos transectos (1, 2 e 3) amostrados na Praia da Ilhota (Ilh) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção subaérea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google™ Earth 4.0.....	39
<b>Figura 7.</b> Histogramas de frequência granulométrica em escala phi para a Praia do Estaleiro e Praia da Ilhota, nos transectos 1, 2 e 3, na zona de espraio e zona de surfe, para o período de inverno e verão. Gradiente de cores ilustrando a classificação verbal das classes de tamanho de grão (Cascaho, areia (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina) e lama). ....	40
<b>Figura 8.</b> Localização dos transectos (1, 2, 3) amostrados na Praia Mansa (Mns) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção sub-aérea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google™ Earth 4.0. e Laboratório de Física Marinha (UFPR/CEM). ....	44
<b>Figura 9.</b> Histogramas de frequência granulométrica em escala phi para a Praia Mansa, nos transectos 1, 2 e 3, na zona de espraio e na zona de surfe, para o período de inverno e verão. Gradiente de cores ilustrando a classificação verbal das classes de tamanho de grão (Cascaho, areia (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina) e lama). ....	46
<b>Figura 10.</b> Localização dos transectos (1, 2, 3) amostrados na Praia de Navegantes (Nav) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação	

temporal do perfil topográfico da porção sub-áerea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google™ Earth 4.0. ....	48
<b>Figura 11.</b> Localização dos transectos (1, 2, 3) amostrados em Balneário Nereidas (Ner) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção sub-áerea, para os mesmos perfis e período. Fonte das imagens: Google™ Earth 4.0. ....	49
<b>Figura 12.</b> Histogramas de frequência granulométrica em escala phi para Balneário Nereidas e Praia de Navegantes, nos transectos 1, 2 e 3, na zona de espraiamento e zona de surfe, para o período de inverno e verão. Gradiente de cores ilustrando a classificação verbal das classes de tamanho de grão (Cascalho, areia (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina) e lama).....	50
<b>Figura 13.</b> Localização dos transectos (1, 2, 3) amostrados no Balneário Atami (Atm) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção sub-áerea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google™ Earth 4.0. e Laboratório de Geoprocessamento Costeiro (UFPR-CEM).....	51
<b>Figura 14.</b> Histogramas de frequência granulométrica em escala phi para Balneário Atami, nos transectos 1, 2 e 3, na zona de espraiamento e zona de surfe, para o período de inverno e verão. Gradiente de cores ilustrando a classificação verbal das classes de tamanho de grão (Cascalho, areia (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina) e lama).....	52
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Figura 1.</b> Área de estudo com localização dos locais de coleta (Praia do Estaleiro e Praia da Ilhota).....	73
<b>Figura 2.</b> Desenho amostral usado nas praias de Estaleiro e Ilhota, com representação esquemática do esforço amostral e da linha d água no pico da maré baixa de sizígia.....	74
<b>Figura 3.</b> Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da fauna de poliquetas intersticiais coletados na Praia do Estaleiro com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro (triângulos pretos) e 2,6 cm (quadrados brancos), na zona de espraiamento (A, B, C, D) e na zona de surfe (E, F, G, H), utilizando diferentes transformações dos dados: (A) e (E) nenhuma (stress=0,09) e (stress= 0,15); (B) e (F) raiz quadrada (stress= 0,1) e (stress=0,16); (C) e (G) raiz quarta (stress=0,06) e (stress=0,12); (D) e (H) presença/ausência (stress=0) e (stress=0,05).....	82
<b>Figura 4.</b> Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da fauna de poliquetas intersticiais coletados na Praia da Ilhota com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro (triângulos pretos) e 2,6 cm (quadrado branco), para a zona de espraiamento (A, B, C, D) e zona de surfe (E, F, G, H), utilizando diferentes transformações dos dados: (A) e (E) nenhuma (stress=0,06) e (stress= 0,05); (B) e (F) raiz quadrada (stress= 0,1) e (stress=0,13); (C) e (G) raiz quarta (stress=0,05) e (stress=0,13); (D) e (H) presença/ausência (stress=0) e (stress=0,01). ....	83
<b>Figura 5.</b> Curvas cumulativas do número de espécies por área obtidas com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro na zona de espraiamento (vermelho) e zona de surfe (preto) na Praia do Estaleiro (losangos), e na da Praia da Ilhota (triângulos).....	84
<b>Figura 6.</b> Curvas de desempenho da variância média padronizada ( $n=30$ ) obtida com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro na zona de espraiamento e na zona de surfe da Praia do Estaleiro, considerando: abundância total de	

poliquetas intersticiais, abundância de *Protodrilus* spp. no espraimento; abundância de *Hesionura* sp. na zona de surfe. Erro-padrão indicado por barras.....84

**Figura 7.** Curvas de desempenho da variância média padronizada ( $n=30$ ) obtida com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro na zona de espraimento e na zona de surfe da Praia da Ilhota, considerando: abundância total de poliquetas intersticiais, abundância de *Protodrilus* spp. no espraimento; abundância de *Hesionides* sp. na zona de surfe. Erro-padrão indicado por barras.....85

### **Capítulo 3**

**Figura 1.** Localização geográfica das seis praias estudadas. .... 99

**Figura 2.** Localização dos transectos (1, 2 e 3) amostrados nas Praias: Atami, Mansa, Nereidas, Navegantes, Estaleiro, Ilhota para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); Fonte das imagens: Google™ Earth 4.0., Laboratório de Física Marinha (UFPR/CEM) e Laboratório de Geoprocessamento Costeiro (UFPR-CEM). .... 101

**Figura 3.** Desenho amostral utilizado para amostragem dos poliquetas intersticiais nas seis praias estudadas. X1 e X2 indicando distâncias aleatórias entre perfis, “X” representando a variação das distâncias entre as amostras da zona de espraimento e zona de surfe que é padronizada pela profundidade (1,2 m).....102

**Figura 4.** Gêneros da ordem Protodrilida encontrados no presente estudo: representando *Protodrilus corderoi* (A;B), região anterior (A), pigídio (B); *Saccocirrus pussicus* (C;D;E;F), região anterior (C), cerdas simples (D;E), pigídio (F); *Protodriloides chaetifer* (G;H;I), região anterior (G), pigídio (H), cerda em forma de gancho (I). Ilustrações A, B, C, D, E, e F retiradas de Marcus (1948); ilustrações G, H e I retiradas de Jouin (1966). .... 110

**Figura 5.** *Hesionura laubieri* (Phyllodocidae), região anterior do prostômio (A); parapódio (B); cerdas falcígeras, bi- (C; D; E; K; L) e tridentadas (F; G; H; M; N); acículo (J). Ilustração retirada de Westheide (1974). .... 112

**Figura 6.** *Hesionides gohari* (Hesionidae), região anterior do prostômio (A); parapódio (B); pigídio (C). Ilustração retirada de Parapar *et al.* (2004). .... 113

**Figura 7.** *Dinophilus gyrotilatus* (Dinophilidae). Ilustração retirada de Marcus (1948). .... 114

**Figura 8.** *Polygordius eschaturus* (Polygordiidae), a região anterior (A); pigídio (B). Ilustração retirada de Marcus (1948). .... 114

**Figura 9.** Riqueza de táxons (A e B), densidade (C e D) e diversidade (E e F) (média  $\pm$  EP) de poliquetas intersticiais considerando as zonas de espraimento e surfe de cada um dos três transectos (1, 2 e 3) das praias estudadas nos períodos de inverno (A, C e E) e verão (B, D e F). .... 118

**Figura 10.** Análise de proximidade (MDS), aplicada à abundância média, transformada para raiz quarta, dos gêneros de poliquetas intersticiais coletados em Ilhota, Estaleiro, Mansa, Nereidas e Navegantes, no período de Inverno e verão integrados (Stress=0,1). Símbolos vazios representando as praias classificadas como reflectivas, símbolos cheios praias intermediárias e dissipativas. .... 120

**Figura 11.** Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de composição da fauna de poliquetas intersticiais coletados em Estaleiro (stress=0,12), Ilhota (stress=0,04), Mansa (stress=0,07), Nereidas (stress=0,07) e Navegantes (stress=0,02). Legenda indicando a interação do fator Nível\*Estação. .... 122

**Figura 12.** Diagrama representativo dos eixos 1 e 2 obtidos a partir da CCA, considerando as variáveis ambientais, as espécies e as amostras nomeados de acordo com a praia, perfil, nível praial e a estação do ano. .... 124

## Lista de Tabelas

### **Capítulo 1**

**Tabela 1** - Parâmetros morfométricos e hidrodinâmicos obtidos em cada um dos três perfis (1, 2 e 3) das praias do Estaleiro (Est), Mansa (Mns), Ilhota (Ilh), Nereidas (Ner), Navegantes (Nav) e Atami (Atm), no Inverno e Verão. Altura de onda ( $H_b$ ), período de onda (T onda), período do espraimento (T espraimento), razão entre T onda e T espraimento ( $T_o/T_{es}$ ), desnível e largura do espraimento, razão entre o desnível e largura da face praial (Slp), ângulo de inclinação da face praial (Ângulo ( $^{\circ}$ )), tamanho da zona de surfe, *surfing scaling parameter* ( $\epsilon$ ), *realtive tide range* (RTR), velocidade de queda adimensional ( $\Omega$ ) e velocidade de queda adimensional empírica ( $\Omega_t$ ).....63

**Tabela 2** - Parâmetros granulométricos e físico-químicos obtidos nas praias do Estaleiro (Est), Mansa (Mns), Ilhota (Ilh), Nereidas (Ner), Navegantes (Nav) e Atami (Atm), em cada um dos níveis (espraimento e Z. de Surfe) dos 3 perfis (1, 2 e 3), no Inverno e no Verão. Temperatura do sedimento ( $T^{\circ}\text{C}$ ) e salinidade (Sal, em ppm, tamanho médio do grão em phi ( $\emptyset$ ), condutividade hidráulica (K em  $\text{cm.s}^{-1}$ ), porcentagem de carbonato de cálcio ( $\%\text{CaCO}_3$ ) e porcentagem de matéria orgânica ( $\%\text{MO}$ ). Concentração de clorofila em  $\mu\text{g}$  clorofila *a*/ $\text{cm}^2$ (Clo *a*), concentração de feopigmentos em  $\mu\text{g}$  feopigmentos/ $\text{cm}^2$ (Feo *a*).....65

**Tabela 3** - Dados meteorológicos\* e de marés\*\* nas praias do Estaleiro, Ilhota, Navegantes localizadas no litoral Centro-Norte de Santa Catarina, e Mansa, Nereidas, e Atami localizadas no litoral do Paraná, no verão e inverno. Datas referentes aos dias de coletas do verão e inverno, temperatura média em graus Celsius, pluviosidade acumulada em 24hs e 168hs (mm), velocidade média do vento em Km/h, direção predominante do vento, média e amplitude da maré astronômica prevista em metros durante o período da coleta (3hs).....67

### **Capítulo 2**

**Tabela 1** - Número total e percentagem relativa de poliquetas intersticiais no espraimento e zona de surfe das praias de Estaleiro e Ilhota, considerando os dois tamanhos de amostradores ( $\emptyset 4,6$  e  $\emptyset 2,6$ ). *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp., *Hesionura* sp., *Pisione* sp., *Hesionides* sp. e Syllidae.....78

**Tabela 2** - Sumário da análise de variância trifatorial da densidade total, número de espécies e diversidade de poliquetas intersticiais considerando os fatores: Praia (GL=1), Nível praial (GL=1) Amostrador (GL=1), e a interação dos fatores.....79

**Tabela 3** - Médias ( $\pm$  erro padrão) e precisão (%) das densidades populacionais de *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp., *Hesionura* sp., *Pisione* sp., *Hesionides* sp., da densidade total de poliquetas, do número de espécies (S), da equitatividade de Pielou ( $J'$ ) e da diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) para ambos os amostradores em cada nível praial da Praia do Estaleiro..... 799

**Tabela 4** - Médias ( $\pm$  erro padrão) e precisão (%) das densidades populacionais de *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp., *Hesionura* sp., *Pisione* sp., *Hesionides* sp., da densidade total de poliquetas, do número de espécies (S), da equitatividade de Pielou ( $J'$ ) e da diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) para ambos os amostradores em cada nível praial da Praia da Ilhota. .... 80

**Tabela 5** - Valores da sequência de dispersão multivariada calculada para os dados de abundância de poliquetas intersticiais considerando as diferentes transformações.....81

**Tabela 6** - Resultados do teste global (Global R e p) obtidos pela ANOSIM uni-variada para as diferenças entre os diferentes tamanhos de amostrador, considerando diferentes transformações.....81

### **Capítulo 3**

**Tabela 1** - Parâmetros morfométricos, hidrodinâmicos e físico-químicos em cada um dos tres perfis (1, 2 e 3) das praias do Estaleiro (Est), Mansa (Mns), Ilhota (Ilh), Nereidas (Ner), Navegantes (Nav) e Atami (Atm), no Inverno e Verão; altura de onda ( $H_b$ ), razão entre Tonda e Tespraimento (To/Tes), condutividade hidráulica ( $K$  em  $\text{cm.s}^{-1}$ ) ângulo de inclinação da face praial (Ângulo ( $^\circ$ )), *surfing scaling parameter* ( $\epsilon$ ), *realtive tide range* (RTR), velocidade de queda adimensional ( $\Omega$ ). Temperatura do sedimento ( $T^\circ\text{C}$ ), salinidade (ppm), tamanho médio do grão em phi ( $\emptyset$ ), porcentagem de carbonato de cácio ( $\%\text{CaCO}_3$ ) e porcentagem de matéria orgânica ( $\%\text{MO}$ ), concentração de clorofila em  $\mu\text{g}$  clorofila  $a/\text{cm}^2$  (Clo-a), concentração de feopigmentos em  $\mu\text{g}$  feopigmentos/ $\text{cm}^2$  (Feo-a), considerando a zona de espraimento (Zes) e a zona de surfe (Zsf). ..... 1077

**Tabela 2** - Contribuição relativa em porcentagem dos táxons de poliquetas intersticiais, , para o número total de indivíduos e riqueza taxonômica, por praia, no inverno (Inv) e verão (Ver), na zona de espraimento (Es) e zona de surfe (Sf)..... 11616

**Tabela 1** - Sumário da análise de variância hierárquica e análise de variância fatorial da riqueza de gêneros, densidade e diversidade de poliquetas intersticiais considerando os fatores: Estação do ano (GL=1), Praia (GL=5), Nível praial (GL=1) e a interação dos fatores Estação\*Praia (GL=5), Praia\*Nível (GL=5) e Estação\*Praia\*Nível (GL=5) na analise variancia fatorial, e a interação Transecto(Estação\*Praia\*Nível) (GL= 64) na analise de variância hierárquica.....117

**Tabela 4** - Resultados do teste global (Global R e nível de significância em %) obtidos pela ANOSIM two-way crossed para as diferenças entre a interação dos fatores.....119

**Tabela 5** - Resultados do teste global (Global R e p) obtidos pela ANOSIM two-way crossed para as diferenças entre a interação dos fatores Nível(mesolitoral e infralitoral)\*Estação(inverno e verão) e Estação\*Nível, em cada uma das praias analisadas. .... 12121

**Tabela 6** - Análise de Correspondência (CA) e Análise de Correspondência Canônica (CCA) considerando a interpretação dos primeiros quatro eixos de variação (1, 2, 3 e 4); mostrando autovalores calculados para cada eixo; porcentagem de variação cumulativa na explicação dos dados de espécie (CA e CCA), da relação espécies-ambiente (CCA), correlações entre espécies-ambiente (CCA), valor de inércia total, e soma de todos os autovalores não contrastados..... 1244

**Características morfodinâmicas de praias arenosas e implicações para a ocorrência da fauna intersticial**

**Resumo**

Foram caracterizados os estágios morfodinâmicos de seis praias arenosas do litoral do Paraná (Mansa, Nereidas e Atami) e Santa Catarina (Estaleiro, Ilhota e Navegantes), em função de suas variações espaciais e sazonais, a partir de uma análise em componentes principais (PCA). Quatro situações espaço-temporais foram reconhecidas: A – Praias do Estaleiro e Ilhota no período do verão, representando o extremo reflectivo no verão, com maior tamanho de grão, teor de MO, carbonato e clorofila a, B – Praia Mansa no período de inverno e verão, representando uma praia reflectiva, com domínio misto de maré e onda, C – Praias do Estaleiro e Ilhota no período de inverno, representando praias reflectivas expostas, com maior altura de quebra de onda, e D – Praia de Navegantes, Balneário Atami e Nereidas, nos períodos de inverno e verão, representando praias com características dissipativas com menor tamanho de grão. As associações A, B e C possuem características de praias com sistema de interface, onde é esperada maior importância relativa da meiofauna do que nas praias com sistema de zona de surfe da associação D, onde é esperada maior importância relativa da alça microbiana e da macrofauna.

Palavras-chaves: Morfodinâmica de praias, praias de interface, zona de surfe, heterogeneidade sedimentológica, meiofauna.



## **Abstract**

The morphodynamic stages of six sandy beaches in Paraná (Mansa, Nereidas e Atami) and Santa Catarina (Estaleiro, Ilhota e Navegantes), S Brazil, were characterized in function of their spatial and seasonal variation, through a principal component analysis (PCA). Four spatial-temporal associations were discriminated: A – Estaleiro and Ilhota beaches in summer, representing summer reflective extreme, with higher grain size, OM percentage, carbonate and chlorophyll a, B –Mansa Beach in winter and summer, representing a reflective beach with wave-tide mixed domain, C –Estaleiro and Ilhota beaches in winter, representing exposed reflective beaches with higher height wave breaking and, D –Navegantes, Atami and Nereidas beaches, both in winter and summer, representing dissipative beaches with smaller grain size. The associations A, B and C present interface system beach characteristics, where higher meiofauna relative importance is expected. The association D presents surf zone system beach characteristics, where the microbial loop and macrofauna are expected to be more important.

Key-words: Beach morphodynamics, beach interface, surf zone, sedimentological heterogeneity, meiofauna.

## Introdução

As praias arenosas são caracterizadas como ambientes muito dinâmicos, cuja topografia é determinada basicamente pelas características granulométricas do sedimento e por processos hidrodinâmicos que agem sobre a linha de costa (Wright & Short, 1984; Short, 1996; Carter, 1988; Komar, 1998). O ajuste mútuo entre esses elementos é conhecido na geomorfologia como “equilíbrio morfodinâmico” de ambientes costeiros (Wright & Thom, 1977; Hoefel, 1998).

O comportamento morfodinâmico das praias arenosas é resultante principalmente da amplitude de maré, altura significativa e período das ondas, tamanho de grão, regime de ventos e o produto entre o comprimento da praia e grau de embaiamento (Short, 1999). Jackson *et al.* (2005) acrescentam a esses parâmetros a história geológica como um importante fator para determinar a morfologia das praias atuais.

Embora constituam apenas uma pequena parcela da superfície terrestre, a intensa utilização das praias em costas tropicais e temperadas, onde se desenvolvem cidades, balneários, atividades turísticas e industriais, fazem com que elas assumam uma elevada importância sócio-econômica, ambiental e recreacional (Hoefel, 1998; Carter, 1988; Komar, 1998; Nordstrom, 2000). No Brasil é ainda necessário considerar que essa ocupação se dá de forma desordenada e sem planejamento costeiro integrado, comprometendo assim a ecologia da paisagem e a qualidade ambiental (Hoefel, 1998; Muehe, 2001; Klein *et al.*, 2002). Estas pressões antropogênicas, que se expressam pela emissão de poluentes, mudança na estabilidade da linha de costa e na topografia, acarretam desequilíbrios nas comunidades e populações naturais, alterando o comportamento e a viabilidade dos organismos (Scapini, 2003; Brown & McLachlan, 2003).

A abordagem ecossistêmica das praias arenosas, com análises da interação dos organismos com as características morfodinâmicas, vem sendo intensamente adotada na última década (McLachlan & Brown, 2006; McGwynne & McLachlan, 1992; Borzone & Gianuca, 1990; Borzone *et al.*, 1996; Brazeiro & Defeo, 1996; Jaramillo *et al.*, 2000; Barros *et al.*, 2001; Brazeiro, 2001; Defeo *et al.*, 2003; Omena & Amaral, 2003; Rodríguez *et al.*, 2003; Defeo & McLachlan,

2005). Estes estudos mostram que há significativas correlações entre a composição, estruturação e distribuição dos organismos da macrofauna e meiofauna e as forçantes físicas do ambiente praial, como clima de onda, espraçamento, características sedimentares, declividade e maré (McArdle & McLachlan, 1992; Amaral *et al.*, 2003; Borzone *et al.*, 2003; Veloso *et al.*, 2003; Rodríguez, 2004; Gheskiere *et al.*, 2005; Kotwick *et al.*, 2005).

Diversos índices descritores da morfodinâmica praial têm sido utilizados para interpretações de processos ecológicos (McLachlan & Brown, 2006; Short & Hesp, 1999; Carter, 1988). Entre esses se destacam: o índice ômega ( $\Omega$ ) (Wright & Short, 1984) que se refere ao estágio morfodinâmico da praia considerando as características granulométricas e o clima de ondas; o *surf scaling parameter* ( $\epsilon$ ) (Guza & Inman, 1975) que se refere às características da zona de surfe; o índice de estado da praia (BSI) (McLachlan *et al.*, 1993) que considera a influência da maré no estado morfodinâmico da praia; e o ômega empírico ( $\Omega_t$ ) (Klein, 1997), que relaciona a declividade ao estágio morfodinâmico. De forma geral, estes índices classificam as praias em “praias reflectivas” (praias com ausência de zona de surfe e ondas ascendentes e frontais), “praias dissipativas” (praias com extensa zona de surfe, ondas deslizantes e correntes de circulação) e “praias intermediárias” que se encontram entre esses dois limites apresentando ondas mergulhantes e deslizantes. Outro índice frequentemente utilizado é a importância relativa da influência da maré no regime local de ondas, o *relative tidal range* (RTR) (Masselink & Short, 1993).

McLachlan & Brown (2006) reconheceram dois tipos principais de ecossistemas de praias arenosas em função do sistema praia/zona de surfe: (I) – Praias de Interface - praias reflectivas de baixa energia, com zona de surfe ausente, onde o suprimento de alimento é dependente de fontes exógenas, com o predomínio de duas cadeias alimentares, a intersticial e a macrofaunal, sendo a intersticial de maior importância; e (II) – Praias de Zona de Surfe – praias dissipativas expostas, com zona de surfe larga formando células de circulação interna, alta produção primária local (alimento endógeno), presença de ao menos quatro sistemas bióticos, fitoplâncton, alga microbiana, sistema intersticial e macrofaunal. As praias intermediárias se encontram entre esses dois tipos de ecossistemas principais.

Dentre os sistemas bióticos encontrados nas praias arenosas e principalmente nas praias de interface, o sistema intersticial é reconhecidamente o mais representativo em termos de diversidade e abundância, podendo, em alguns casos, exceder a macrofauna em termos de biomassa (Mclachlan & Brown, 2006; Short & Hesp, 1999; Kotwick *et al.*, 2005). A filtração de água através da areia é um dos principais processos controladores do ambiente intersticial em praias, que, por sua vez, depende das propriedades do sedimento e do clima de ondas (Mclachlan & Brown, 2006; Short & Hesp, 1999; Medeiros, 1990). Outros parâmetros relevantes no sistema intersticial são a maré, temperatura, salinidade, pluviosidade, oxigênio, matéria orgânica e produção primária (Mclachlan & Brown, 2006; Medeiros, 1990; Short & Hesp, 1999; Gheskiere *et al.*, 2005; Kotwick *et al.*, 2005; Moreno *et al.*, 2006).

Compreender como as características sedimentares, a topografia, as características da zona de surfe e de espraiamento (*swash*) de onda variam no espaço e no tempo é fundamental para a adequada análise da distribuição e ocorrência das populações e associações bênticas intersticiais. Neste contexto, estudos descritivos do ambiente físico são fundamentais para avançar o entendimento de processos ecológicos em praias arenosas (McArdle & McLachlan, 1992; Borzone *et al.*, 2003; Defeo *et al.*, 2003; Alves *et al.* 2004; Defeo & Mclachlan, 2005; Gheskiere *et al.*, 2005; Kotwick *et al.*, 2005).

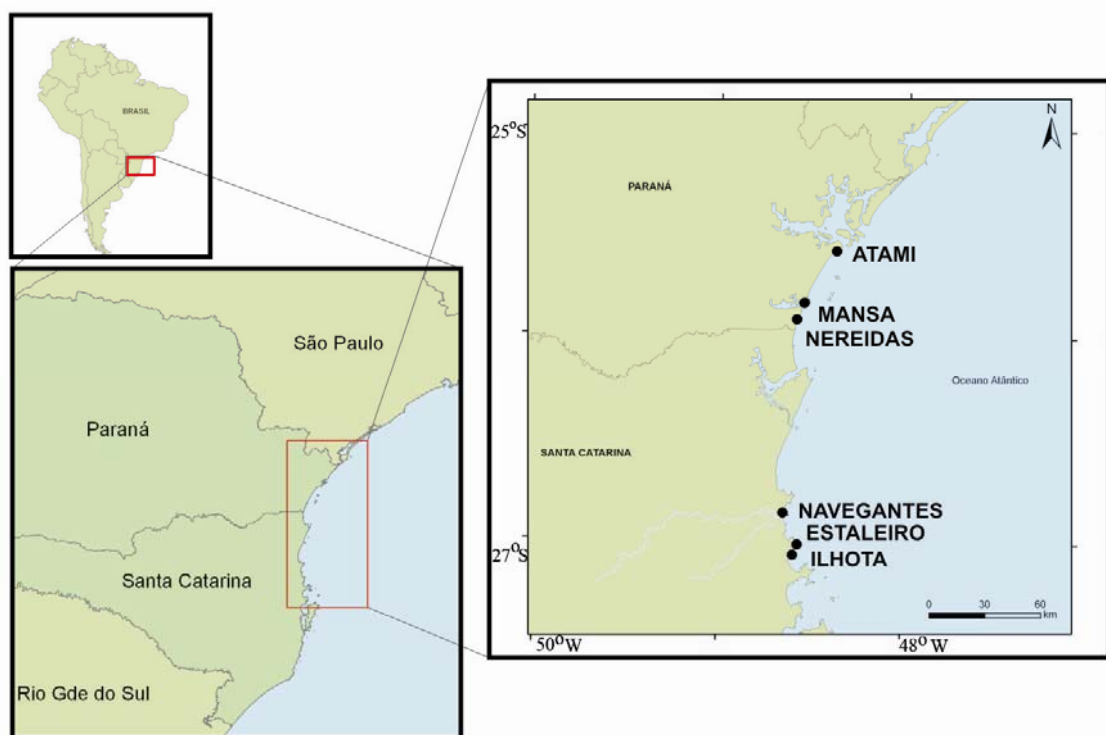
O presente trabalho teve como objetivos: 1) descrever as principais características morfológicas, hidrodinâmicas e sedimentológicas de seis praias em diferentes estágios morfodinâmicos do litoral do Paraná e Centro-norte de Santa Catarina, em situações de inverno e verão; 2) descrever as implicações das características morfodinâmicas das praias como condicionadoras da ocorrência e abundância da meiofauna, como base para um estudo de correlação com as associações locais de poliquetas intersticiais (capítulo 3).

## **Materiais e Métodos**

### ***Área de Estudo***

As praias estudadas localizam-se no litoral centro-norte do estado de Santa Catarina (Ilhota, Estaleiro e Navegantes) e no litoral do Paraná (Nereidas, Mansa e Atami) (Fig. 1). Foram selecionadas por representarem um espectro de situações morfodinâmicas, conforme trabalhos de Barros *et al.* (2001); Borzone *et al.* (1996); e Klein & Menezes (2001), compreendendo duas praias reflectivas, Mansa (Mns) e Estaleiro (Est); duas intermediárias, Nereidas (Ner) e Ilhota (Iht); e duas dissipativas, Atami (Atm) e Navegantes (Nav).

A orientação da linha de costa, N-S, e o regime de ondas ou ventos predominantes na região, NE-SW, faz com que as praias sejam expostas e dominadas por ondas (Klein & Menezes, 2001; Barros *et al.*, 2001). Sua configuração é resultante da variação relativa do nível do mar durante o quaternário, do balanço sedimentar e das fontes de sedimento disponíveis (Angulo e Lessa, 1998; Lessa *et al.*, 2000). Nessa região da costa brasileira as praias arenosas são geralmente embaiadas entre promontórios rochosos pertencentes ao embasamento cristalino do Pré-Cambriano (Mühe, 1998). Contudo, no litoral paranaense os sistemas deposicionais arenosos são resultados da interação de processos marinhos e estuarinos, associados às desembocaduras do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e da baía de Guaratuba (Angulo, 1999; Lana *et al.*, 2001).



**Figura 1. Localização geográfica das seis praias estudadas.**

### ***Coleta de dados primários***

Foram realizadas coletas sistemáticas em três perfis ou transectos aleatórios de cada uma das praias (denominados a seguir 1, 2 e 3), mantendo 50 a 100 m de distância entre si. Foram feitas coletas em duas estações do ano, inverno (setembro-2005) e verão (março-2006)(Tabela 3 em anexo).

Medidas de salinidade da água de percolação e da temperatura do sedimento, assim como amostras para análise da granulometria e concentrações de clorofila *a* e feopigmentos, foram tomadas em dois pontos de cada transecto, um localizado na porção saturada do mesolitoral inferior que estava sobre influência do Espraçamento de ondas (Es), e outro localizado na profundidade aproximada de 1,2 metros na porção intermediária da Zona de Surfe (Sf). A temperatura foi obtida por meio de termômetro enterrado no sedimento e a salinidade com um refratômetro. Para a análise granulométrica e dos teores de matéria orgânica e carbonatos foram coletadas duas amostras de sedimento com um amostrador manual de 4,6 cm de diâmetro, até 10 cm de profundidade. As duas amostras foram integradas, compondo uma amostra em cada um dos pontos estabelecidos. As amostras foram processadas segundo

metodologia descrita por Suguio (1973) para peneiramento em intervalos de 0,5 phi e pipetagem em intervalos de 1 phi. Os parâmetros granulométricos foram obtidos com o programa SysGran, versão 3.0 (Camargo, no prelo), pelo método de McCammon (1962). Para a determinação do teor de carbonatos, uma fração da amostra do sedimento foi exposta à dissolução ácida com ácido clorídrico (HCl) a 10% de volume. O teor de matéria orgânica foi determinado pela queima de 5 gramas do material coletado em forno mufla a 800° C por oito horas. A permeabilidade foi estimada na porção seca da face de praia, imediatamente acima da zona de espraiamento, com um aparato de campo (Figura 2) desenvolvido por Caputo (1980) que permite o cálculo do coeficiente de Darcy (K), dado em cm.s<sup>-1</sup>, conhecido também como o coeficiente de permeabilidade ou condutividade hidráulica:

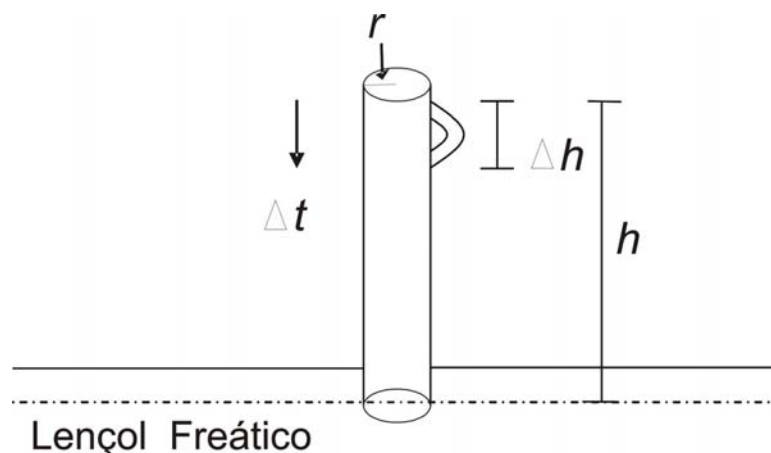
$$K = \frac{r}{4h} \frac{\Delta h}{\Delta t} \text{ onde,}$$

r – raio do cilindro utilizado

h – altura do cilindro, do lençol freático até o início da mangueira

Δh – comprimento da mangueira

Δt – tempo de decantação da água do mar ao longo de Δh.



**Figura 2. Desenho esquemático do aparato de campo para medida do tempo de decantação da água do mar ao longo de Δh. As variáveis r, h, Δh e Δt, usadas no cálculo do coeficiente de condutividade hidráulica (K) estão denominadas no texto acima.**

Para a análise do conteúdo de feopigmentos e clorofila *a* do microfitobentos, em cada ponto amostral das 6 praias estudadas foram coletadas 3 amostras com uma seringa de plástico de 2,5 cm de diâmetro enterrada até um centímetro no sedimento. As amostras do centímetro superior do sedimento foram acondicionadas em potes de plástico escuros e

congeladas para posterior análise dos pigmentos. Para a extração dos pigmentos microfitobênticos, foram adicionados 15 ml de acetona 90 % nas amostras ainda congeladas. As amostras foram mantidas em freezer (-12 °C) por 24 horas. Em seguida, o sedimento foi separado da solução através da filtragem em algodão. Os teores de clorofila *a* e feopigmentos foram determinados através das leituras das absorbâncias a 665 e 750  $\mu\text{m}$  antes e após acidificação com HCl 2N em um espectrofotômetro. As concentrações de clorofila *a* e feopigmentos foram calculadas pela equação de Lorenzen (1967).

Estimativas de declividade da praia, altura de onda ( $H_b$ ), período de onda ( $T$ ), período de espraçamento de onda ( $T_{es}$ ), desnível do espraçamento, largura do espraçamento e largura da zona de surfe foram obtidos em campo em cada um dos perfis. Valores de temperatura do ar, pluviosidade acumulada em 24 e 168 horas, intensidade, direção e velocidade do vento foram obtidos nas estações meteorológicas de Pontal do Sul e Itajaí (Araújo, 2005; 2006), para cada dia de coleta, em ambas as estações (inverno, verão). A variação da maré astronômica foi acompanhada através do *software* disponível online WXTide32 versão 4.5 (Hopper, 2006). O valor de amplitude de maré (*tide range* - TR) foi obtido em estudos pretéritos, correspondendo a 0,8 m para as praias de Santa Catarina (Schettini *et al.*, 1999) e 1,5 m para as praias do Paraná (Knoppers *et al.*, 1987).

Os períodos de onda e do espraçamento foram obtidos com cronômetro e correspondem a 1/10 do tempo total transcorrido para a passagem de 11 cristas de onda (período de onda) e 11 subidas do espraçamento (período do espraçamento). A altura da onda ( $H_b$ ) foi estimada visualmente com auxílio de uma escala, correspondendo à altura entre a crista e a cava da onda no momento imediatamente anterior à sua quebra. Para sintetizar a análise dos períodos foi aplicado o cálculo da razão entre o período de onda ( $T_o$ ) e o período de espraçamento ( $T_{es}$ ) proposto por McArdle & McLachlan (1992). Alta razão  $T_o/T_{es}$  evidencia praias com zonas de surfe pouco extensas ou ausentes, nas quais a onda se dissipa diretamente na face da praia, o que faz com que o período de espraçamento seja igual ao período de onda (McArdle & McLachlan, 1992).

O perfil topográfico da porção subaérea das praias foi determinado com uma mangueira de nível e régua graduada. A leitura foi feita a partir de um



nível de referência no limite superior do supralitoral de cada um dos perfis, até o limite superior do infralitoral. O desnível da zona de espraçamento foi obtido a partir deste levantamento. A largura da zona de espraçamento foi medida com trena. A largura da zona de surfe foi considerada como duas vezes a distância medida com a trena até a região intermediária da zona de surfe.

### ***Composição de índices morfodinâmicos***

As praias foram classificadas em seus diferentes estágios morfodinâmicos por meio da aplicação do cálculo do parâmetro adimensional de velocidade de queda do grão (Dean, 1973) adaptado para praias naturais por Wright & Short (1984):

$$\Omega = H_b / (W_s T)$$

Onde  $H_b$  é a altura significativa de quebra da onda;  $W_s$  é a velocidade de decantação do sedimento e  $T$  o período de onda.

Quando  $\Omega < 1$ , as praias são do tipo reflectivo, com  $\Omega > 6$  começam as praias dissipativas, e quando  $2 < \Omega < 5$  a praia encontra-se no estado intermediário (Short, 1999).

O parâmetro empírico adimensional de velocidade de queda proposto por Klein (1997) também foi utilizado:

$$\Omega_t = 0,0225 / \tan^2 \beta$$

Sendo  $\tan \beta$  a declividade da face da praia. Esse índice considera a existência de valores de limites teóricos de declividade para os estágios morfodinâmicos extremos (reflectivo e dissipativo) e resulta um maior gradiente entre os tipos morfodinâmicos de praias que o índice  $\Omega$ . Dessa forma pretende-se testar qual índice representa melhor a variabilidade morfodinâmica das praias.

O tipo de quebra de onda e as características de dissipação de energia na zona de surfe foram calculados pelo *surf scaling parameter* ( $\varepsilon$ ) (Guza & Inman, 1975), onde:

$$\varepsilon = a_b \cdot \omega^2 / g \cdot \tan^2 \beta$$

Sendo  $a_b$  amplitude de quebra de onda,  $\omega$  a frequência de radiação de ondas ( $2\pi/T$ ),  $g$  a aceleração da gravidade e  $\beta$  a declividade da praia. Ondas

com quebra deslizante ocorrem para  $\varepsilon > 20$ , frontais e mergulhantes ocorrem para  $\varepsilon = 2,5-20$ , e ondas ascendentes para  $\varepsilon < 2,5$  (Aagaard & Masselink, 1999).

A influência relativa da maré em relação à onda incidente foi calculado pelo *relative tide range* (RTR) (Masselink & Short, 1993), onde:

$$RTR = TR/H_b$$

Sendo TR a amplitude de maré (*tide range*). Para  $RTR < 3$  a praia é classificada como dominada por onda,  $RTR = 3-7$  a praia é resultante da interação de ondas e marés e,  $RTR > 15$  as praias são dominadas pela maré.

### ***Tendências de variação espaço-temporal***

Para descrever as tendências de variação espaço-temporal das praias foi aplicada uma análise de ordenamento linear em componentes principais (PCA). Cada um dos três perfis praias foram codificados segundo o nome da praia e estação do ano.

A PCA foi aplicada considerando os seguintes fatores como fontes potenciais de variabilidade ambiental: Altura de onda ( $H_b$ ), razão entre Tonda e Tespraiamento ( $To/Tes$ ), ângulo de inclinação da face praial (Ângulo ( $^\circ$ )), *surfing scaling parameter* ( $\varepsilon$ ), *relative tide range* (RTR), velocidade de queda adimensional ( $\omega$ ) e tamanho médio do grão em phi ( $\phi$ ), porcentagem de carbonato de cálcio ( $\%CaCO_3$ ), porcentagem de matéria orgânica ( $\%MO$ ), condutividade hidráulica (K), concentração de clorofila em mg clorofila *a*/cm<sup>3</sup> na zona de surfe e no espraçamento, concentração de feopigmentos em mg de feopigmentos/cm<sup>3</sup> na zona de surfe e no espraçamento, temperatura do sedimento ( $T^\circ C$ ) e salinidade (S). A escolha das variáveis (Tabela 1 e 2 em anexo) utilizadas na PCA foi feita atendendo as premissas de normalidade univariada, normalidade multivariada, não colinearidade entre as variáveis ( $< 99\%$ ) e a inexistência de *outliers* (Legendre & Legendre, 1998; McGarigal *et al.*, 2000). Quando necessário os fatores considerados foram transformados preteritamente para  $\log(x+1)$ , a fim de se obter a normalidade univariada. Posteriormente a matriz de dados foi estandardizada para aplicação da PCA. Uma segunda PCA foi aplicada desconsiderando as variáveis concentrações de clorofila *a*, concentração de feopigmentos e salinidade que resultaram em uma baixa explicação na extração dos eixos fatoriais na primeira PCA. O índice

*surfing scaling parameter* também foi desconsiderado na aplicação da segunda PCA, pois apresentou colinearidade com a variável permeabilidade e ângulo de inclinação da face praial ( $> 90\%$ ).

A caracterização de cada uma das praias foi feita conforme os agrupamentos observados na interpretação e discussão dos diagramas representativos dos eixos 1, 2 e 3 obtidos pela PCA (Figura 3A e 3B). Os dados meteorológicos, do regime de maré, dos padrões climáticos e oceanográficos não foram consideradas na PCA pelo fato de não serem devidamente replicados conforme o desenho amostral proposto. Sua discussão foi feita de maneira descritiva preteritamente à interpretação da PCA.

A variação espaço-temporal da biomassa microfitobêntica, expressa pelas diferenças significativas entre as concentrações médias de clorofila *a* e feopigmentos, foi avaliada por meio de uma análise de variância trifatorial (ANOVA-trifatorial). Foram considerados os fatores estação do ano (inverno e verão), praia (Estaleiro, Ilhota, Mansa, Nereidas, Navegantes e Atami), nível praial (zona de espraiamento e zona de surfe) e suas interações como fontes de variação. A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Bartlett e aceita para  $p > 0,05$ . Quando necessário, os dados foram transformados para  $\log(x+1)$  (Underwood, 2001). O teste de comparação múltipla de Tukey (HSD) foi aplicado para detectar diferenças significativas entre os fatores e sua interação ( $p < 0,05$ , Sokal & Rohlf, 1973).

## Resultados e Discussão

### ***Características Ambientais***

As características morfodinâmicas, hidrodinâmicas e físico-químicas, considerando a zona de surfe e zona de espraçamento de ondas das praias, são sumarizadas nas Tabelas 1 e 2. As condições meteorológicas e de maré em cada praia no dia de coleta estão detalhadas na Tabela 3.

A temperatura variou entre 16 e 20°C, no inverno, e 25,5 e 28°C no verão, com um mesmo padrão sazonal para todas as praias. A direção de ventos predominantes para as coletas de inverno foi SW. No verão os ventos sopraram do quadrante Norte nas praias do litoral Centro-norte de Santa Catarina, enquanto eram locais, terrais (W) pela manhã e marais (E) após o meio-dia nas praias do Paraná. A dinâmica de ventos da região é basicamente definida pela presença semi-fixa do Anticiclone do Atlântico Sul (AAS), massa de ar tropical de giro anticiclônico, com freqüente migração do Anticiclone Polar (AP) nos períodos de inverno, com massa de ar seca e fria, do sudoeste para o nordeste ao longo da costa da América do Sul (Bigarella *et al.*, 1978; Trucollo *et al.*, 2002).

O padrão de chuvas variou entre as praias de Santa Catarina e do litoral do Paraná. Em ambas as estações o volume de chuvas foi maior no litoral paranaense, embora as chuvas de verão e inverno pareçam estar associadas a diferentes processos atmosféricos. As intensas chuvas do final do inverno são do tipo frontal, conseqüência da passagem de uma massa de ar frio oriunda do quadrante Sul (AP) que encontra uma massa de ar quente e úmida, estacionária ou vinda do quadrante Norte (AAS). As chuvas de verão parecem ser do tipo convectivas e/ou orográficas, comuns ao longo de todo o período (Bigarella *et al.*, 1978; Angulo, 1999). As praias do Paraná são caracterizadas por uma alta pluviosidade média anual. As montanhas da Serra do Mar agem como uma barreira ao avanço das frentes frias do quadrante sul e causam a concentração de frentes estacionárias em toda a região litorânea (Lana *et al.*, 2001), resultando em freqüentes chuvas, sejam elas frontais, convectivas ou orográficas.

As praias do Paraná também apresentam maior amplitude de maré astronômica do que as praias de Santa Catarina (Tabela 2). O regime de maré astronômica no litoral de Santa Catarina é caracterizado como de micro-maré, de período semidiurno descontínuo com amplitude média de 0,8 m (Schettini *et al.*, 1999), chegando a 1,2 m de amplitude quando associado às marés meteorológicas (Carvalho *et al.* 1996; Schettini *et al.*, 1999). No litoral do Paraná o regime de maré astronômica é de micro-maré, com período diurno descontínuo e amplitude média de 1,5 m (Knoppers *et al.*, 1987). São identificados quatro estados de mar predominante: ventos marais de leste-nordeste (ENE), predominantes ao longo do ano todo; ventos marais de sul-sudeste (SSE); Ondulações (*swell*) de sudoeste; e ondas de leste. Ondulações de sudoeste e ondas de leste ocorrem durante o inverno e primavera, devido à maior frequência e intensidade da passagem de sistemas frontais na região (Alves & Melo, 2001). A direção de incidência de ondas mais energéticas é sul-sudeste (Araujo *et al.* 2003). Considerando o fato que o regime de maré astronômica da região é de micro-maré, mudanças devido às forçantes atmosféricas, mesmo que pequenas, apresentam elevada importância na compreensão do equilíbrio dinâmico das praias arenosas desta região (Trucollo *et al.*, 2002).

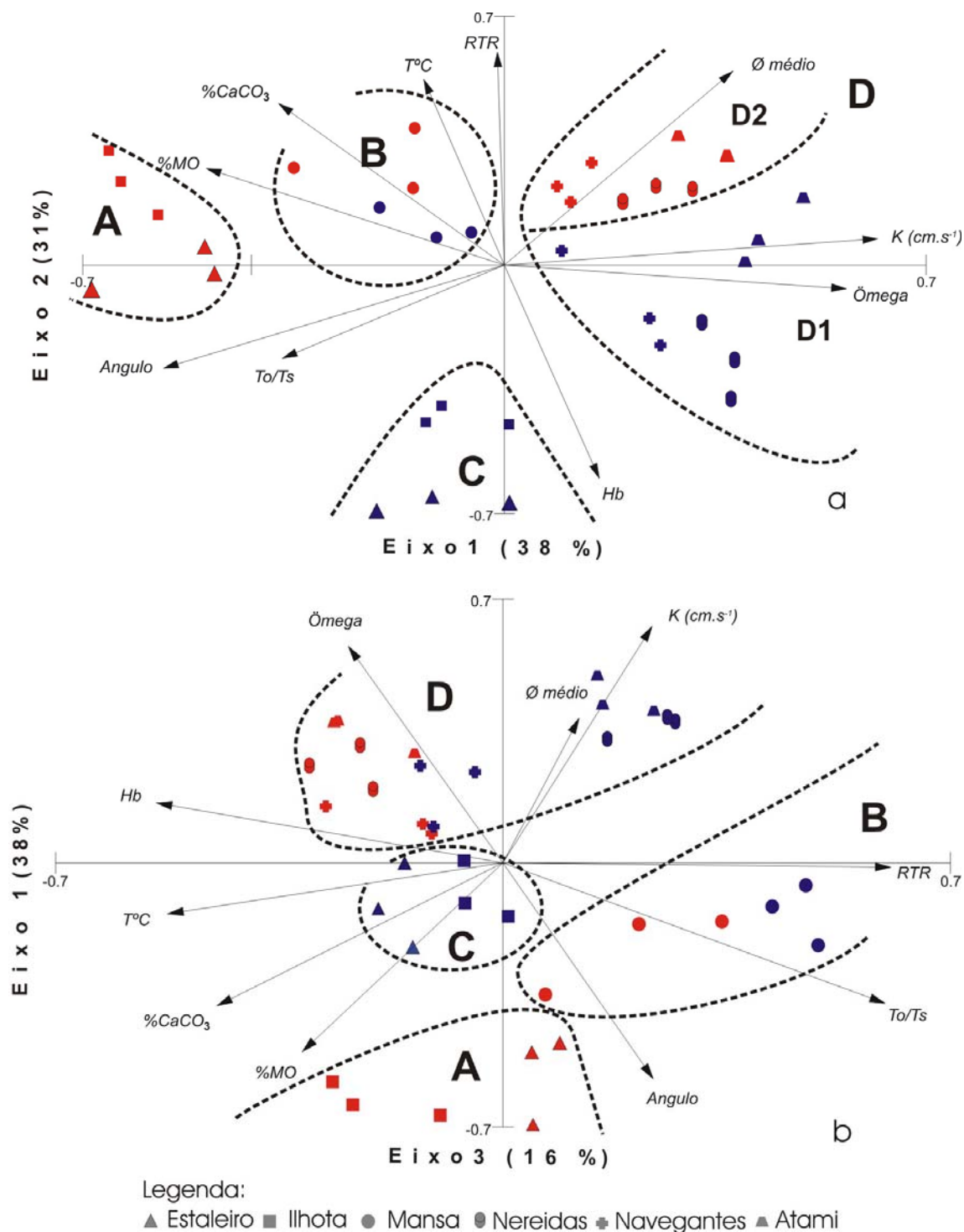
A análise de componentes principais permitiu a extração e interpretação de três eixos fatoriais que juntos explicam 85% da variação total. O eixo 1, responsável por 38% da variação, foi formado principalmente pelas coordenadas positivas resultantes das menores permeabilidades, maiores índices ômega e menores tamanho médio de grão, e coordenadas negativas do ângulo de inclinação da face da praia, percentual de MO e percentual de  $\text{CaCO}_3$  (Figura 3A e 3B). O eixo 2, responsável por 31% da variação foi ordenado principalmente pelas coordenadas positivas do RTR e  $T^\circ\text{C}$  e pela coordenada negativa de Hb (Figura 3A). O eixo 3, responsável por 16% da variação, foi formado pelas coordenadas positivas de RTR e  $T_o/T_{es}$ , e coordenadas negativas da temperatura e Hb (Figura 3B).

A ordenação dos pontos representativos das praias considerando o eixo 1 ilustrou um gradiente espacial relacionado com os tipos morfodinâmicos, praias dissipativas com extensa zona de surfe (Atami, Nereidas e Navegantes) e praias de interface com maior energia reflectiva de ondas na face praial

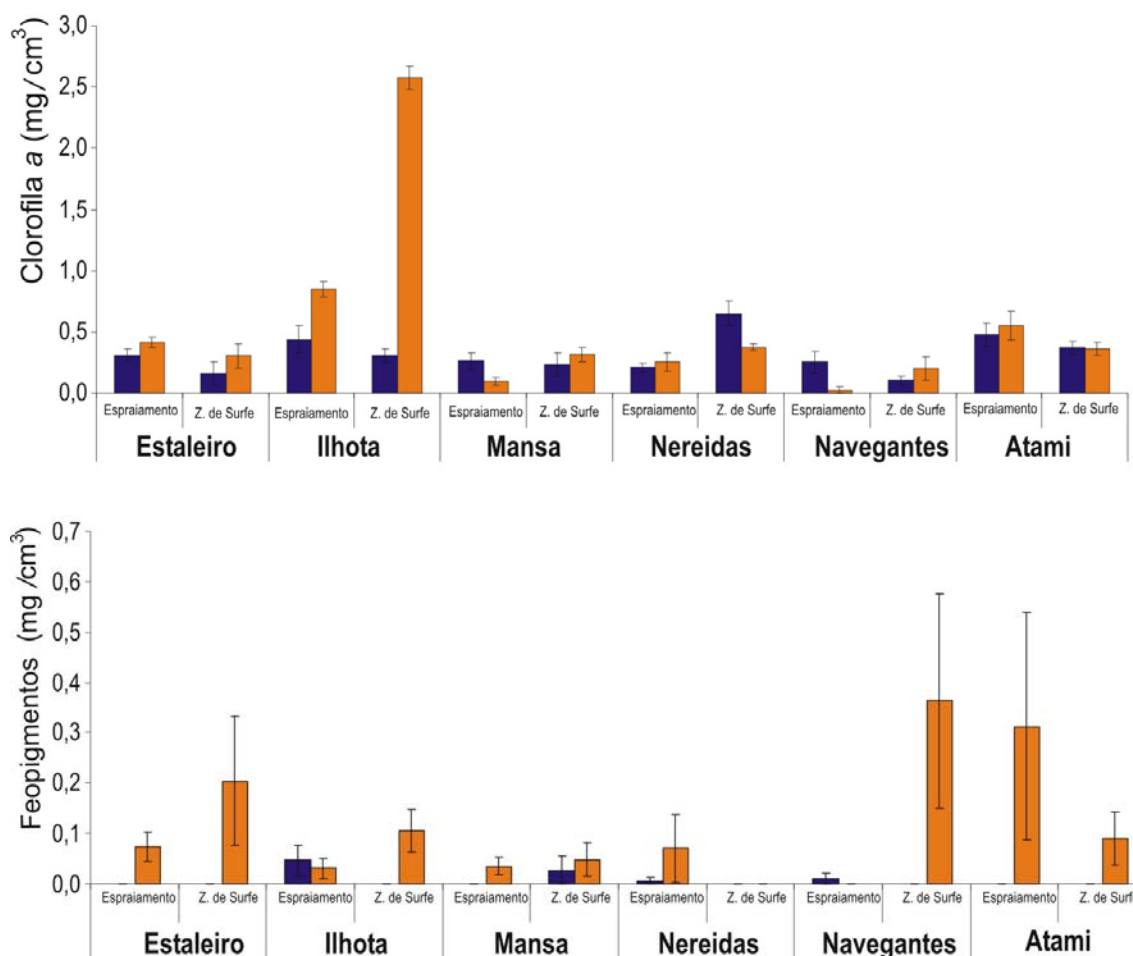
(Estaleiro, Ilhota e Mansa). A ordenação no eixo 2 evidenciou uma variação temporal relacionada à escala sazonal (verão/inverno), resultante das maiores temperaturas no verão e maior altura de onda observada no inverno. A ordenação no eixo 3 ilustrou um gradiente da importância relativa da maré, relacionados à Praia Mansa.

A interpretação do diagrama *biplot* considerando os eixos 1 e 2 (Figura 3A) resultou em quatro associações espaço-temporais: **A** – Praia do Estaleiro e Ilhota no período do verão, **B** – Praia Mansa no período de inverno e verão, **C** – Praia do Estaleiro e Ilhota no período de inverno e, **D** – Praia de Navegantes, Balneário Atami e Nereidas, subdividindo-se entre os períodos de inverno (**D1**) e verão (**D2**). Na disposição dos pontos representativos das praias considerando o eixo 1 e 3 (Figura 3B), as mesmas quatro associações podem ser observados, porém, com maior distinção da associação **B**.

A associação **A**, Estaleiro e Ilhota no verão é decorrente do maior percentual de MO, maior percentual de  $\text{CaCO}_3$ , alta energia hidráulica na zona de espraiamento, resultado do maior ângulo de inclinação da face da praia, alta permeabilidade e maior razão  $T_o/T_{es}$ . A associação **C**, Estaleiro e Ilhota no inverno, diferenciam-se da associação **A** pelo fato de apresentar maiores alturas significativas de onda no inverno, além de menor percentual de MO e  $\text{CaCO}_3$  que no verão. A associação **B**, Praia Mansa, é consequência da maior importância relativa do regime de maré, resultado da localização geográfica da praia, na boca da Baía de Guaratuba. A associação **D** das praias de Atami, Navegantes e Nereidas é resultado dos altos valores de  $\omega$ , pequeno tamanho médio de grão e baixa permeabilidade, que evidenciam praias com dissipação de energia de onda por uma extensa zona de surfe, com quebra de onda do tipo deslizante e mergulhante, que permitem a sedimentação de grãos mais finos, tornando o sedimento mais poroso e compactado e menos permeável.



**Figura 3. Análise das Componentes Principais (PCA), ilustrando os eixos 1 e 2 (a) e eixo 3 e 1 (b) para as praias estudadas nos dois períodos amostrais, inverno representado pela cor azul e verão representado pela cor alaranjando. Vetores representando as variáveis: Altura de onda ( $H_b$ ), razão entre Tonda e Tespraiamento ( $To/Tes$ ), condutividade hidráulica ( $K(cm.s^{-1})$ ), ângulo de inclinação da face praial (Ângulo ( $^{\circ}$ )), reative tide range (RTR), velocidade de queda adimensional ( $\hat{\Omega}$ ), Tamanho médio do grão em phi ( $\hat{\phi}$  médio), porcentagem de carbonato de cálcio ( $\%CaCO_3$ ), porcentagem de matéria orgânica ( $\%MO$ ) e temperatura do sedimento ( $T^{\circ}C$ ). Linhas tracejadas interpretativas das associações espaço-temporais das praias estudadas: A – Praia do Estaleiro e Ilhota no período do verão, B – Praia Mansa no período de inverno e verão, C – Praia do Estaleiro e Ilhota no período de inverno e, D – Praia de Navegantes, Balneário Atami e Nereidas, período de inverno (D1) e verão (D2).**



**Figura 4. Concentrações de clorofila *a* e feopigmentos no sedimento (média  $\pm$  EP), para as praias considerando os níveis praias (zona de espraiamento e zona de surfe) o inverno (cor azul) e o verão (cor laranja).**

A concentração de clorofila *a* variou entre 0,02 e 2,57 mg cm<sup>-3</sup>, sendo significativamente maior no verão ( $F= 10,6$ ,  $p<0,01$ ) (Figura 4). A interação entre os fatores apontou maior concentração de clorofila *a* na zona de surfe da praia de ilhota durante o período de verão (ANOVA  $p<0,001$ , teste HSD). A concentração de feopigmentos variou entre 0 e 0,36 mg cm<sup>-3</sup> e foi significativamente maior no período de verão ( $F=20,3$ ;  $p<0,001$ ) (Figura 4). As altas concentrações de feopigmentos indicam maiores taxas de decomposição durante o período de verão. O maior número de células mortas do fitoplâncton sedimentadas na camada superficial do sedimento deve estar associado com as maiores taxas de decomposição (Gallucci & Netto, 2004).



## **Descrição das Praias**

### *Associação A e C (Ilhota e Estaleiro)*

As praias de Estaleiro e Ilhota se caracterizaram por apresentar clara variação sazonal e espacial nas características granulométricas, topográficas e hidrodinâmicas (Figuras 5 e 6). A proximidade geográfica das duas praias, ancoradas em uma mesma matriz cristalina, permite caracterizá-las pela mesma história geológica (Jackson *et al.*, 2005). A orientação N-S da linha de costa permite classificá-las como expostas a ondas (Klein & Menezes, 2001).

Nas coletas de inverno, Estaleiro e Ilhota apresentaram altura significativa de onda entre 1,5 a 2,5 m, com quebra do tipo mergulhante, observadas no campo e evidenciadas pelo índice  $\epsilon$  (Tabela 1 em anexo). Em Estaleiro as ondas quebram diretamente na face da praia, sendo a energia da onda dissipada diretamente na zona de espraimento. Em Ilhota as ondas são dissipadas na zona de surfe, que apresenta um sistema de barras rítmicas e transversas. No verão, Estaleiro apresentou quebra de ondas do tipo ascendentes e colapsantes, com ausência de zona de surfe, enquanto que em Ilhota foram observadas pequenas ondas deslizantes em uma zona de surfe um pouco mais extensa que no inverno.

Segundo estudos anteriores, Estaleiro apresenta características morfodinâmicas reflectivas e Ilhota, intermediárias (Klein & Menezes, 2001). Os presentes resultados evidenciam que de fato, Estaleiro representa o extremo morfodinâmico reflectivo. Por outro lado, Ilhota tem valores intermediários muito próximos ao reflectivo (entre 1 e 2); no inverno, os altos valores de altura de onda resultaram em um índice ômega característico de praias intermediárias (2 a 5), mas o alto grau de inclinação da face praial evidenciou características reflectivas na zona de espraimento de ambas as praias (Figura 3).

O perfil topográfico mostra que ambas as praias apresentam grande volume subaéreo, com a presença de bermas pronunciadas no verão, principalmente na praia da ilhota. No inverno, devido à entrada de um sistema frontal (MARINHA DO BRASIL, 2005), associado com ondulações de sudeste no período das coletas, foi observada a formação de escarpas de até 1,5 m na praia do Estaleiro. A incidência de ondas está intimamente ligada com os

processos sazonais de erosão/deposição das praias (Short, 1999; Hoefel & Elgar, 2003).

## PRAIA DO ESTALEIRO

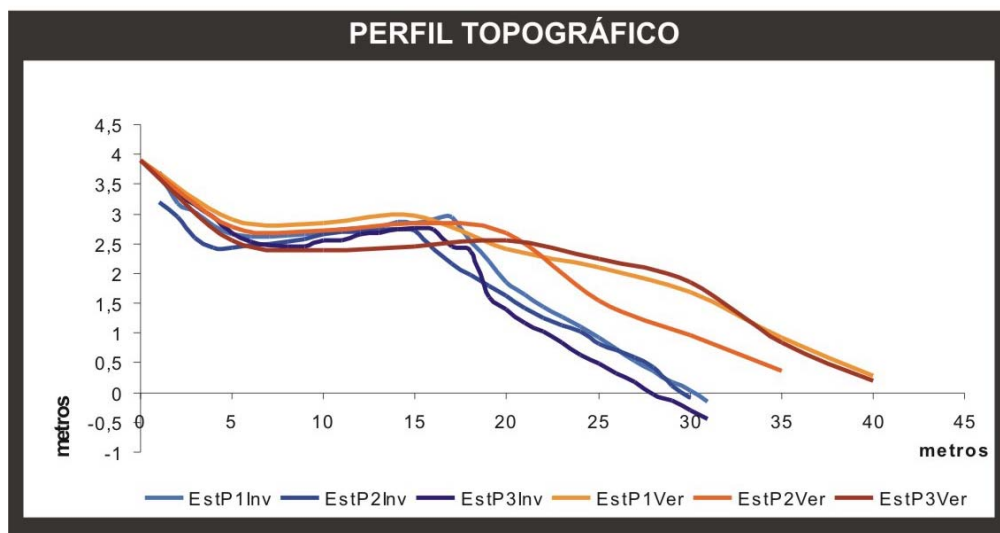
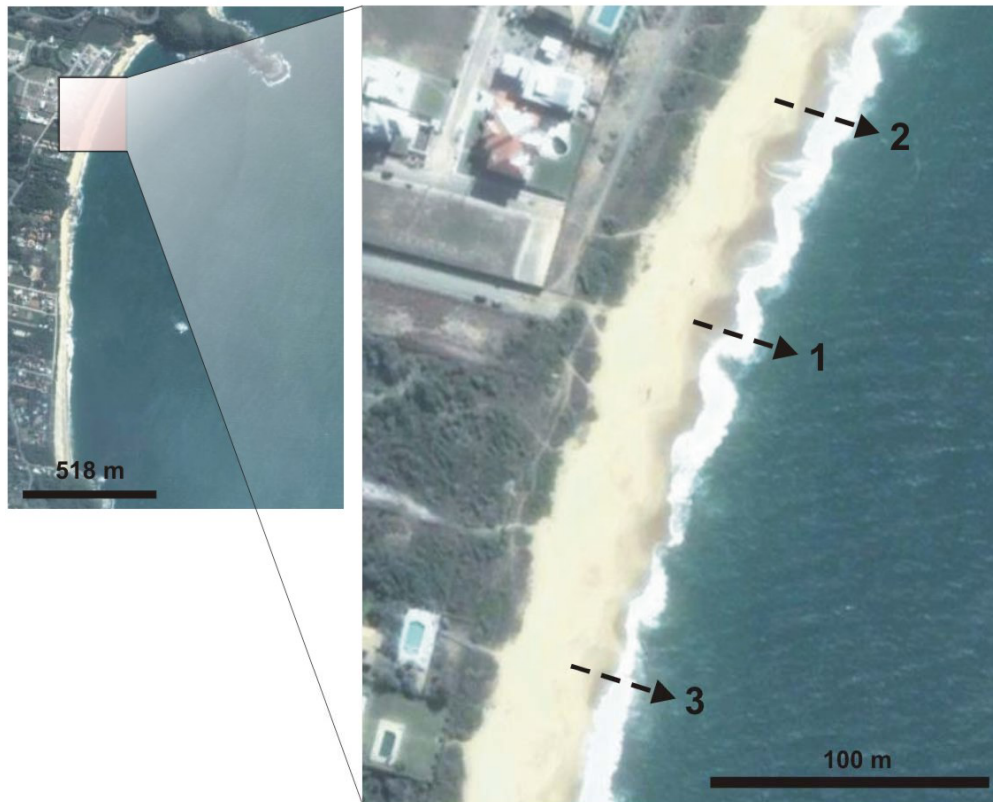
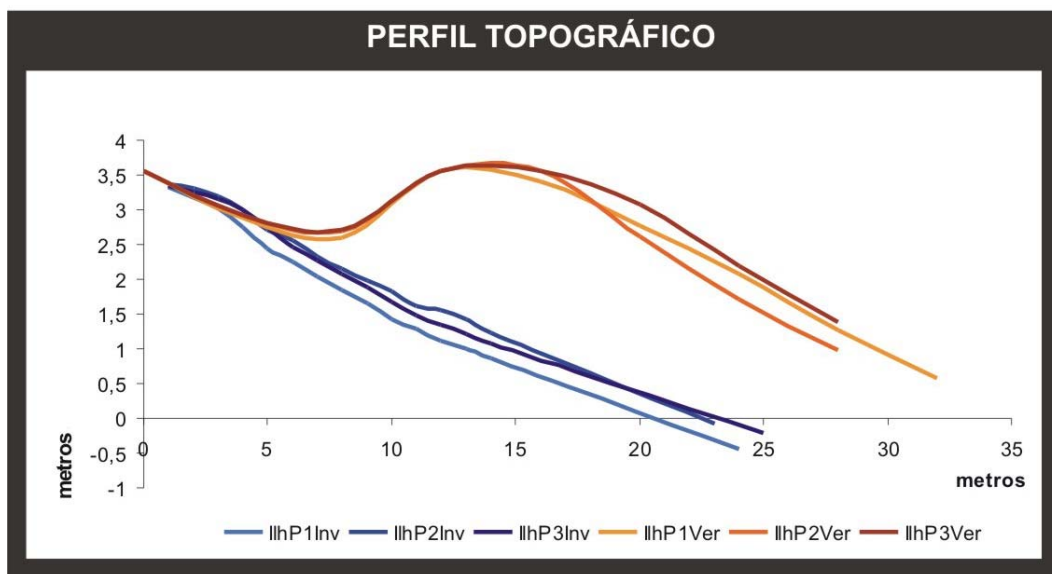
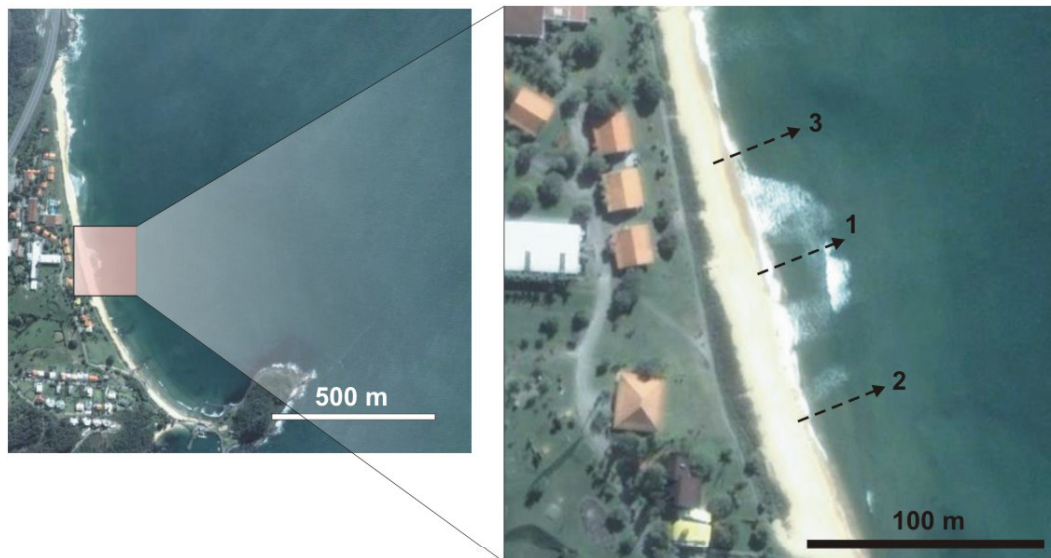


Figura 5. Localização dos transectos (1, 2 e 3) amostrados na Praia do Estaleiro (Est) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção subaérea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google<sup>TM</sup> Earth 4.0.

## PRAIA DA ILHOTA

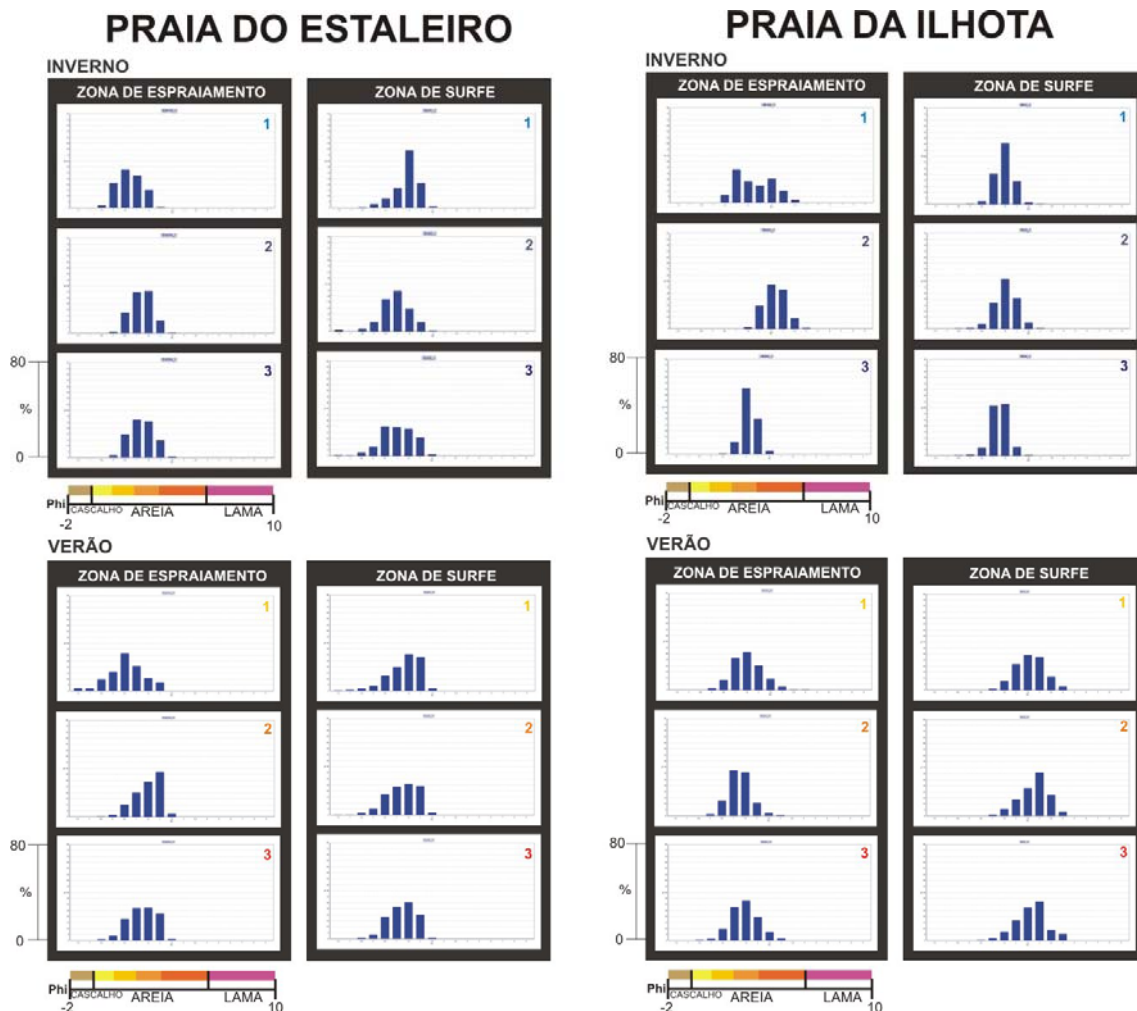


**Figura 6. Localização dos transectos (1, 2 e 3) amostrados na Praia da Ilhota (Ilh) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção subaérea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google™ Earth 4.0.**

A praia do Estaleiro apresentou em geral sedimento moderadamente selecionado, composto principalmente por areia grossa, com contribuição de areia média no período do verão (Figura 7). Ilhota apresentou sedimentos bem e moderadamente selecionados, compostos principalmente por areia média e fina (Figura 7).

A presença de sedimentos mais grossos e cascalhos (fragmentos de conchas) em alguns pontos de coleta na praia do Estaleiro evidenciam maior heterogeneidade na composição granulométrica, que pode resultar em maior

complexidade estrutural nos espaços intersticiais (Lana, 1982). No inverno, houve grande variabilidade granulométrica na zona de espraimento dos três transectos de coleta da praia da Ilhota. No período de verão, houve igualmente uma clara distinção na granulometria dos sedimentos da zona de espraimento, compostos por areia média, e da zona de surfe, compostos mais por areia fina. É conhecida a colonização seletiva de microhabitats pela meiofauna em função do tamanho do sedimento (Fricke & Flemming, 1983). A heterogeneidade observada certamente influenciará os padrões de distribuição em micro e meso escala das diversas associações locais de organismos meiofaunais.



**Figura 7.** Histogramas de frequência granulométrica em escala phi para a Praia do Estaleiro e Praia da Ilhota, nos transectos 1, 2 e 3, na zona de espraimento e zona de surfe, para o período de inverno e verão. Gradiente de cores ilustrando a classificação verbal das classes de tamanho de grão (Cascaho, areia (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina) e lama).

A dinâmica sazonal influencia a morfologia de praias embaiadas entre promontórios rochosos. Além disso, as migrações rítmicas das correntes de retorno, juntamente com os sistemas de barras nas zonas de surfe, favorecem uma setorização hidrodinâmica havendo diferentes competências de transporte de sedimento ao longo do mesmo arco praial (Komar, 1998; Short, 1999; Hoefel & Elgar, 2003). No verão, a menor energia de ondas incidentes em uma zona de surfe mais extensa na praia da Ilhota, deve ter favorecido a deposição de areia fina na zona de surfe. Na praia do Estaleiro, a formação de cúspides na zona de espraiamento, gera padrões morfológicos de cristas e cavas, também proporcionando pontos com maior acúmulo de cascalhos, compostos basicamente por fragmentos de conchas.

Estaleiro e Ilhota apresentaram altas concentrações de clorofila *a* e feopigmentos quando comparadas com as praias Mansa, Navegantes, Nereidas e Atami. Ilhota apresentou as maiores biomassas microfitobênticas, com altas concentrações de clorofila *a* e feopigmentos, principalmente na zona de surfe, no período de verão. A extração dos pigmentos fotossintéticos no presente estudo foi feita no centímetro superior do sedimento, isto é, considerando os dez primeiros milímetros. Sedimentos compostos por grãos médios e grossos apresentam produção primária bêntica abaixo do primeiro milímetro, o que não acontece em sedimentos muito finos. O maior espaço intersticial em grãos mais grossos permite a incidência dos raios solares além do milímetro superficial (Jesus *et al.*, 2006), o que pode explicar a maior biomassa encontrada nestas praias.

Estudos sobre a meiofauna de ambientes praias similares a Ilhota e Estaleiro registraram alta diversidade, riqueza e abundância, controladas principalmente por fatores físicos, como tamanho do grão e tempo de dessecação (MacLachlan & Brown, 2006, Rodríguez, 2004). Entretanto, os padrões de distribuição podem apresentar alta heterogeneidade em relações micro-escalares (Li *et al.*, 1997; Souza-Santos *et al.*, 2004). Variações nos fatores físicos e no suprimento de alimento geram uma correspondente variabilidade espacial e temporal na estruturação e ocorrência das comunidades meiofaunais dentro de uma mesma praia (Moreno *et al.*, 2006).

A incidência de ondas altas e freqüentes, com subidas e descidas na zona de espraçamento, gera grande infiltração de água e o desenvolvimento de regiões turbulentas, favorecendo a deposição de grãos grossos e assimétricos (Masselink & Russel, 2006, Masselink & Puleo, 2006) que resultam em uma extensa camada vertical mais propícia para a distribuição dos organismos da meiofauna (MacLachlan & Brown, 2006). A altura e freqüência das ondas estão positivamente correlacionadas com o número de indivíduos da meiofauna suspensos na zona de surfe e no espraçamento (Rodríguez, 2004; Armonies, 1994). Tais fatores permitem que a meiofauna tenha ampla distribuição vertical na zona de espraçamento das praias reflectivas, com capacidade de migração para evitar o estresse hidrodinâmico nas camadas superficiais em eventos de ondas mais energéticas, ou para evitar altas temperaturas (McLachlan *et al.*, 1977; Silva, 2006).

A zona de espraçamento desempenha um importante papel no transporte de sedimentos litorâneos. Sua hidrodinâmica determina a interação entre processos marinhos e terrestres e seus sedimentos apresentam altas concentrações de oxigênio (Elfrink & Baldock, 2002; Masselink & Puleo, 2006). Em praias de micromaré, ótimas condições para a sobrevivência da meiofauna são identificadas nas áreas do espraçamento, fazendo delas áreas-chave dentro do ecossistema de praias, devido a seu interesse potencial para estudos ecológicos básicos e aplicados (Moreno *et al.*, 2006).

As características ambientais de Estaleiro e Ilhota, principalmente na zona de espraçamento, apontam uma estrutura de habitat ideal para a presença de comunidades intersticiais. A presença de sedimentos grossos e médios, com grande complexidade estrutural, alta condutividade hidráulica na zona de espraçamento, ausência da camada redox e alta biomassa microfitobêntica são fatores fundamentais para a fixação e persistência de organismos intersticiais, principalmente em ecossistemas praias de interface (McLachlan & Brown, 2006; Short & Hesp, 1999; Rodríguez, 2004). Características de praia com sistema de interface são vistas na praia do Estaleiro ao longo de toda sua extensão e no perfil 3 da praia de Ilhota durante o período de verão. Entretanto, a característica desta praia (Ilhota) retrata claramente as características de um sistema praias de interface.

### *Associação B (Mansa)*

A praia Mansa se caracteriza por apresentar baixos valores de salinidade e maior importância da maré com relação à altura de ondas. Também apresentou variações espaciais na topografia, granulometria e hidrodinâmica. No inverno e no verão estas variações não foram pronunciadas (Figura 8), conforme observado por Barros *et al.* (2001).

Segundo estudos anteriores, a praia Mansa apresenta características morfodinâmicas reflectivas (Barros *et al.*, 2001). O alto grau de inclinação da face praial e a estreita zona de surfe, assim com os índices observados neste estudo,  $\Omega=1,2$  a  $2,7$  e  $\varepsilon=0,9$  a  $2,6$ , também evidenciam um comportamento reflectivo, com valores mais característicos de praias intermediárias sendo observados apenas no transecto 1.

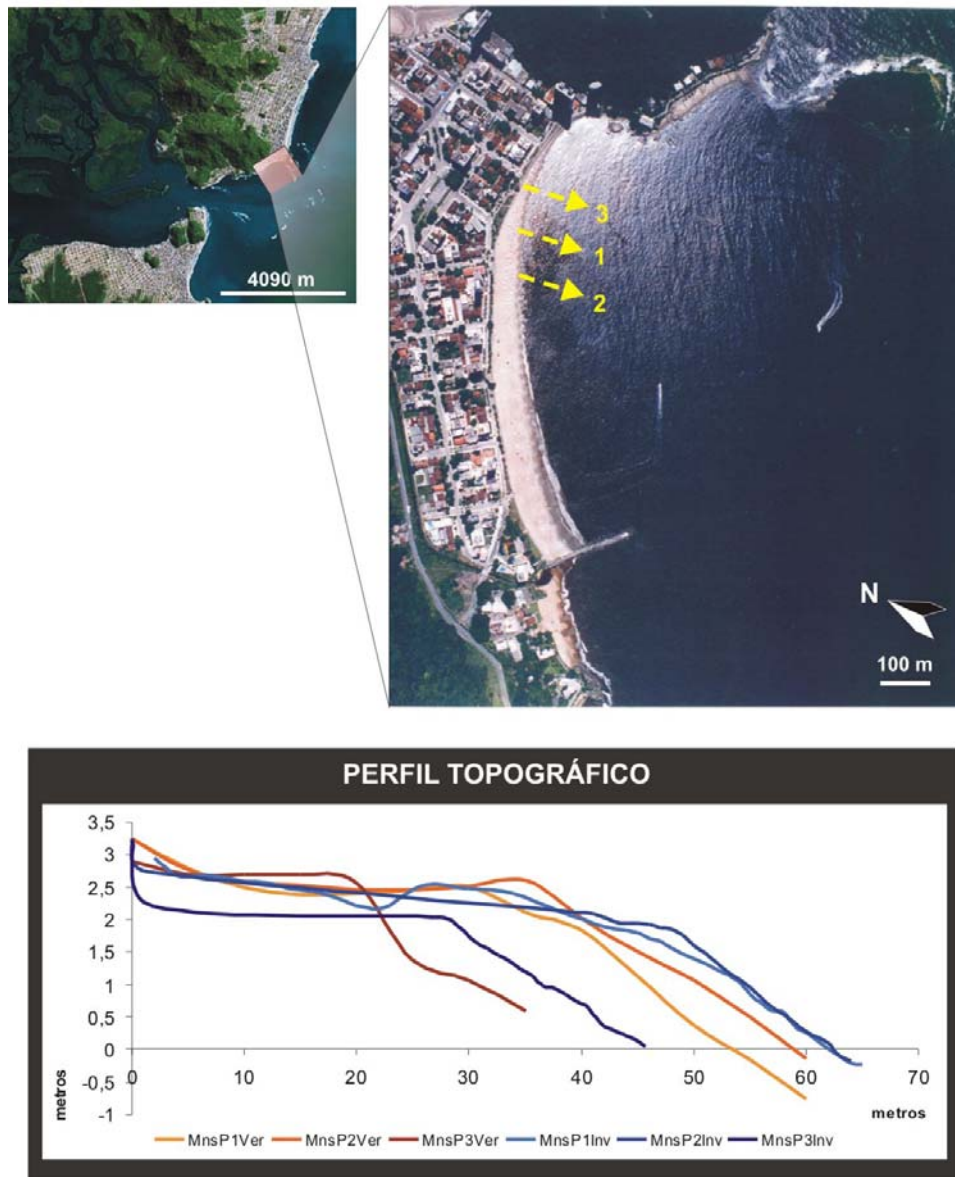
A orientação NE-SW da linha de costa permite classificá-la como exposta a ondas, porém a sua localização, ancorada no promontório rochoso norte da desembocadura da baía de Guaratuba e a presença de barras que compõem o delta de maré vazante da baía (Angulo, 1999), exercem certo grau de proteção às ondas. Em eventos extremos, como a entrada de ondulações de sudeste associadas com a passagem de frentes pela região, as ondas podem atingir maior altura nesta praia. Em ambas as estações do ano, a altura significativa de onda foi maior no perfil 3, atingindo 0,5 m no inverno e 0,6 m no verão. A localização do perfil 3, mais próximo ao promontório, resulta em uma maior incidência de ondas difratadas e refratadas (Figura 8), além da formação de vórtices das correntes de retorno que podem se intensificar em praias embaçadas (Short & Masselink, 1999), o que determina também uma menor porção subaérea para esse perfil. O tipo de quebra de onda foi colapsante e mergulhante, observado em todos os perfis e evidenciadas pelo índice  $\varepsilon$ .

Os processos morfodinâmicos que governam os padrões espaciais e temporais desta praia vão além da escala utilizada. A praia Mansa no presente é o resultado de uma obra de engenharia costeira realizada ao longo de 10 anos, entre 1978 e 1988. Ao todo foram construídos um molhe de enrocamento, nove pequenos gabiões, um muro longitudinal em gabiões para retenção da areia, acrescidos  $23.000\text{ m}^3$  de areia oriunda de jazidas terrestre e mais quatro gabiões, construídos sobre os já existentes um ano após, além de



um projeto de drenagem das águas pluviais (Lindroth, acessado em 09/01/2007).

### PRAIA MANSA



**Figura 8. Localização dos transectos (P1, P2, P3) amostrados na Praia Mansa (Mns) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção sub-aérea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google<sup>TM</sup> Earth 4.0. e Laboratório de Física Marinha (UFPR/CEM).**

O índice RTR evidenciou para os dois períodos de coleta domínio misto entre os regimes de onda e maré, o que não foi observado em nenhuma outra praia. Tal fato é corroborado pelas menores salinidades observadas (Tabela 2), que evidenciam características mais estuarinas do que nas demais praias aqui estudadas, provavelmente devido à contribuição da drenagem continental da baía de Guaratuba. Sabe-se que as variações da salinidade são fundamentais



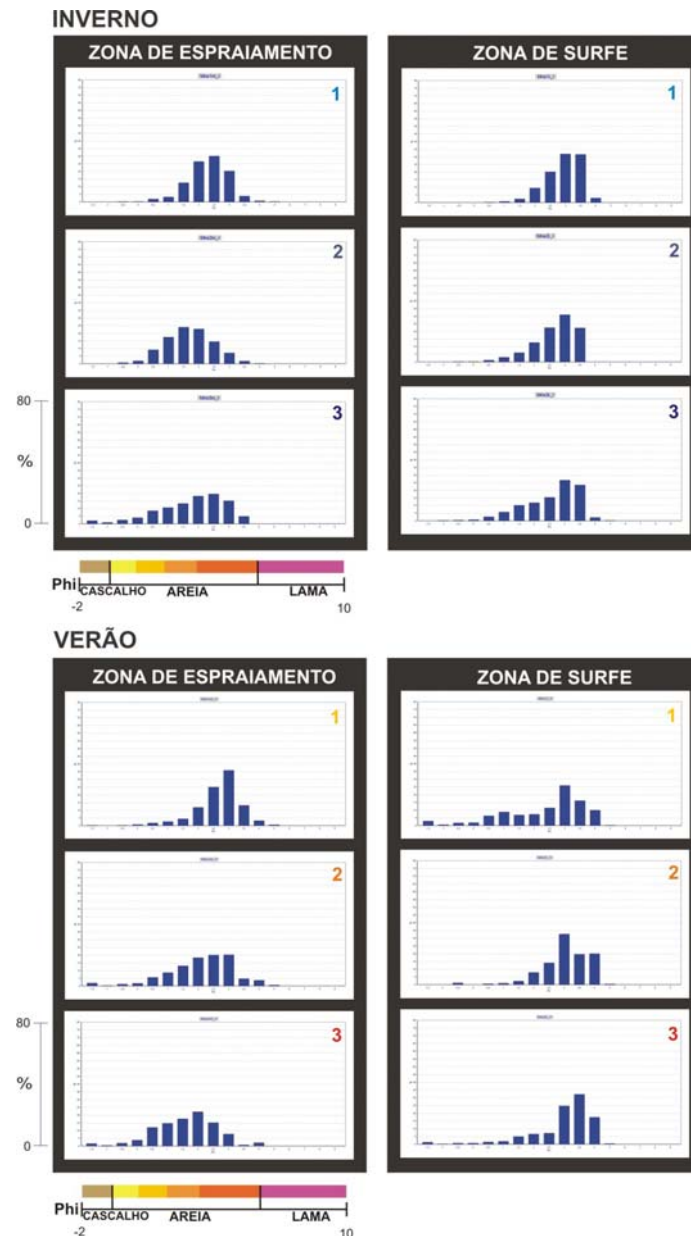
para o estabelecimento dos metazoários intersticiais, por causa das implicações osmóticas (Higgins & Thiel, 1988; Giere, 1993; McLachlan & Brown, 2006). Em regiões euhalinas e mesohalinas a diminuição da salinidade pode aumentar a demanda de oxigênio, diminuir o tempo de vida e retardar a maturidade sexual, exercendo influência crucial na estruturação das populações meiofaunais (Yamamuro, 2000).

A praia Mansa apresentou em sua maioria sedimento pobremente e moderadamente selecionado, composto principalmente por areia média no espraimento e fina na zona de surfe (Figura 9). Apenas na zona de espraimento do transecto 1 foi observada areia fina. No espraimento do transecto 2 e 3, e na zona de surfe no período de verão, observa-se maior contribuição de cascalhos (fragmentos de concha) e lama, demonstrando baixo grão de seleção do tamanho de grão. Os padrões de circulação dentro da desembocadura da baía de Guaratuba, a grande quantidade de sedimentos finos em suspensão, todo o contexto histórico da construção da praia Mansa, zonas de diferentes padrões hidrodinâmicos associadas com a presença de cúspides na região do mesolitoral, podem estar determinando a sedimentação de grãos mais finos no transecto 1 e de grãos medianos, lama e cascalhos nos transectos 2 e 3.

As características morfodinâmicas da praia Mansa se assemelharam às características morfodinâmicas das praias de Ilhota e Estaleiro. Entretanto, o fato desta praia apresentar maior domínio relativo da maré e maiores variações de salinidade também deve ser levado em conta. Estudos em praias de meso e macromaré mostram que a distribuição da meiofauna é intimamente relacionada ao grau de exposição, tamanho do sedimento, amplitude de maré e variações sazonais (Fricke & Flemming, 1983; Souza-Santos *et al.*, 2003; Silva, 2006). Em praias de micromaré, esses fatores parecem ser menos importantes para explicar a variabilidade da meiofauna em função da alta correlação da ocorrência desses organismos com o padrão de espraimento (Moreno *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2003).

Estudos sobre a influência relativa da amplitude de maré em relação à altura de quebra de ondas e suas implicações para a distribuição da meiofauna ainda são escassos. Borzone *et al.* (2003) relataram alterações na distribuição de espécies da macrofauna em perfis praias com maior e menor domínio

relativo da maré, relacionadas principalmente com a perda de uma zonação bem marcada ao longo da transição de um ambiente praial dominado por onda para um dominado por maré.



**Figura 9.** Histogramas de frequência granulométrica em escala phi para a Praia Mansa, nos transectos 1, 2 e 3, na zona de espreadimento e na zona de surfe, para o período de inverno e verão. Gradiente de cores ilustrando a classificação verbal das classes de tamanho de grão (Cascalho, areia (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina) e lama).

#### *Associação D (Navegantes, Nereidas e Atami).*

As praias de Navegantes (Figura 10), Nereidas (Figura 11) e Atami (Figura 13) se caracterizam por apresentar valores extremos de  $\Omega$  e  $\epsilon$ , com variação sazonal mais acentuada que a espacial.

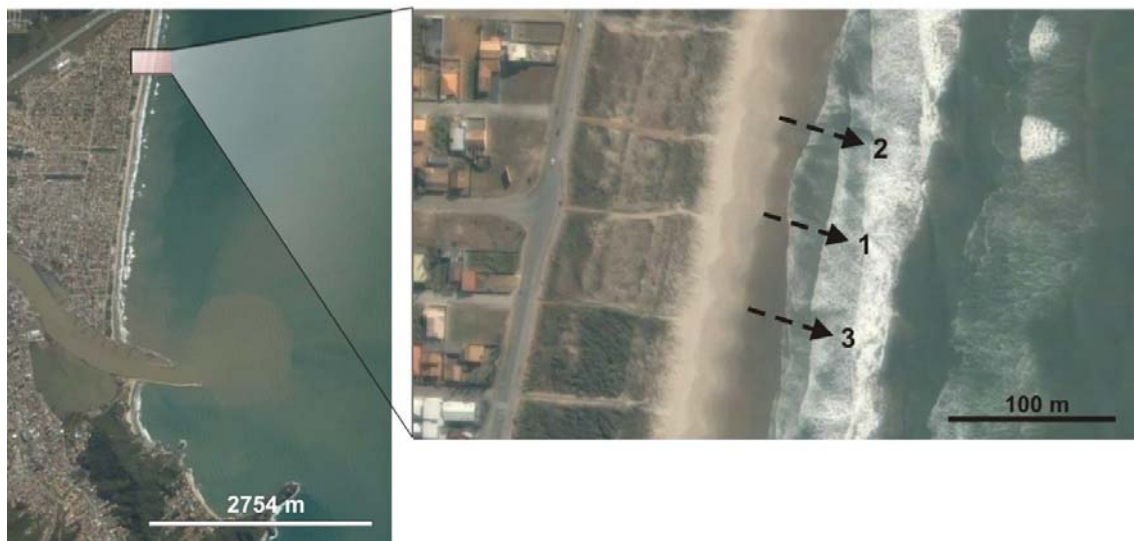
A praia de Nereidas é classificada na literatura como intermediária (Barros *et al.*, 2001) e Navegantes e Atami como dissipativas (Borzzone *et al.*, 1996; Klein e Menezes, 2001). No presente estudo, Nereidas e Navegantes obtiveram índices morfodinâmicos intermediários e Atami dissipativa.

A praia de Atami apresentou quebra de ondas do tipo deslizante, enquanto Nereidas e Navegantes apresentaram ondas com quebra do tipo mergulhante e deslizante. Ambas apresentaram uma extensa zona de surfe, com um sistema de barras múltiplas em Atami, uma barra paralela em Nereidas e duas barras paralelas em Navegantes. A porção subaérea de Atami não apresentou variação espacial e temporal na topografia. Nereidas apresentou maior variação temporal na topografia, com uma face de praia inclinada no inverno, e um sistema de bancos e canais na região do mesolitoral no verão. Navegantes apresentou uma distinção sazonal na topografia com uma pequena berma próxima à duna frontal no inverno, e bancos e canais no mesolitoral, no verão. O clima de ondas de verão, formado principalmente por pequenas vagas oriundas de ventos locais (Alves & Melo, 2001; Araújo *et al.* 2003) favorecem a acreção de sedimento na porção subaérea. Da mesma forma, o fluxo laminar de baixa energia hidráulica do espraimento, associado com ondas de infragravidade, resultam na formação de bancos e canais (Hughes & Turner, 1999), formando uma grande zona de saturação com a presença de poças de maré no mesolitoral.

Navegantes apresentou sedimentos bem e moderadamente selecionados no inverno, compostos por areia média, fina e grossa (transecto 2, zona de espraimento). No verão os grãos eram bem selecionados, compostos por areia fina (Figura 12). Nereidas apresentou sedimentos moderadamente selecionados, composto por areia média e fina no inverno. No verão os grãos eram moderadamente selecionados, compostos principalmente por areia fina (Figura 12).

O fato de Navegantes apresentar areia média e grossa no inverno resultou em índices morfodinâmicos intermediários, assim como Nereidas, por suas próprias características. Porém os altos valores de  $\omega$  teórico e do *surfing scaling parameter*, que consideram em suas formulas a declividade da face praial, confirmam uma condição dissipativa para estas praias, bem evidenciada no verão, principalmente com o domínio de grãos finos.

## PRAIA DE NAVEGANTES



## PERFIL TOPOGRÁFICO

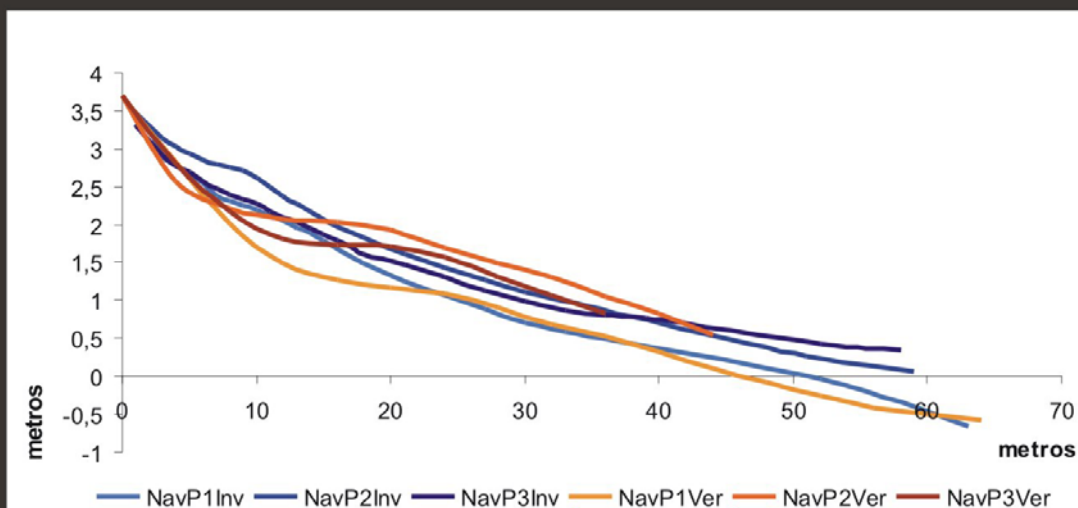
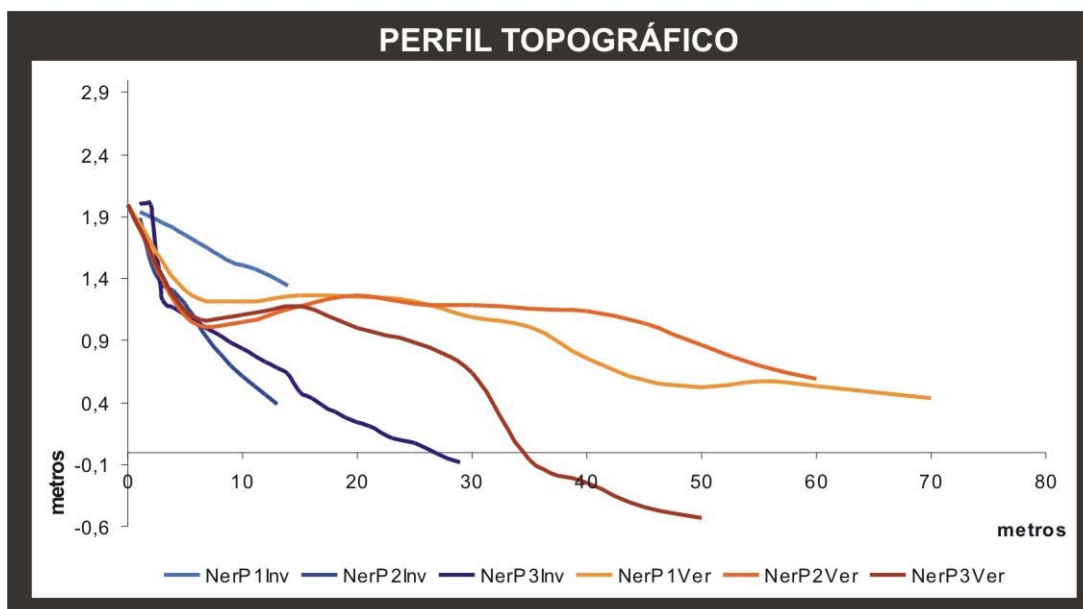
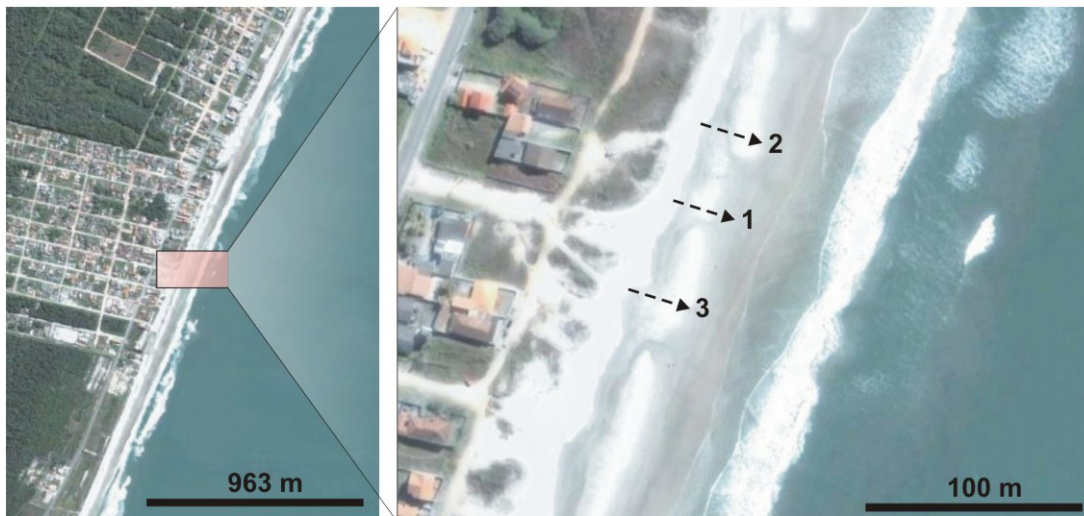


Figura 10. Localização dos transectos (1, 2, 3) amostrados na Praia de Navegantes (Nav) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção sub-áerea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google<sup>TM</sup> Earth 4.0.

## BALNEÁRIO NEREIDAS



**Figura 11.** Localização dos trasectos (1, 2, 3) amostrados em Balneário Nereidas (Ner) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção sub-aérea, para os mesmos perfis e período. Fonte das imagens: Google™ Earth 4.0.

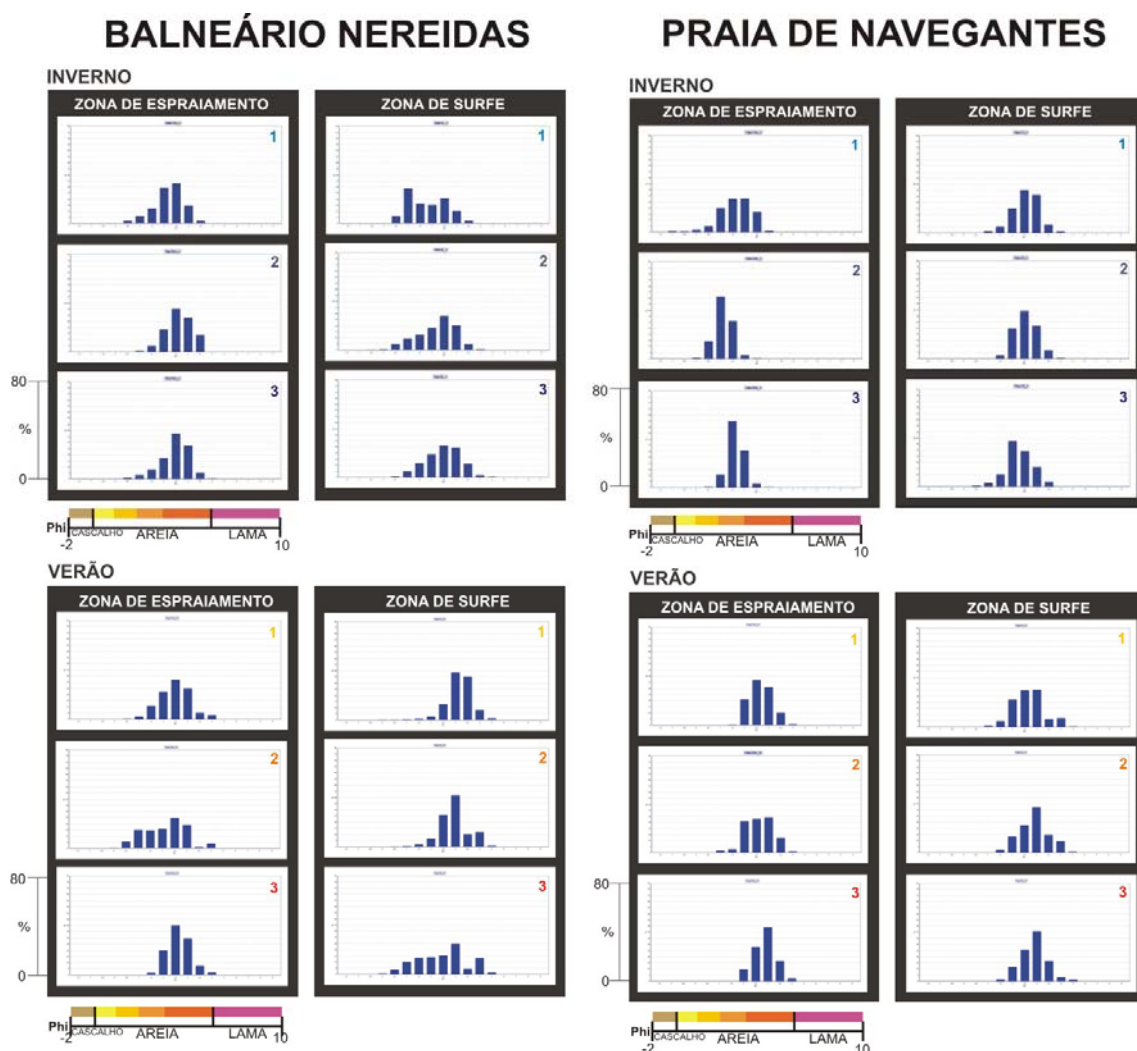


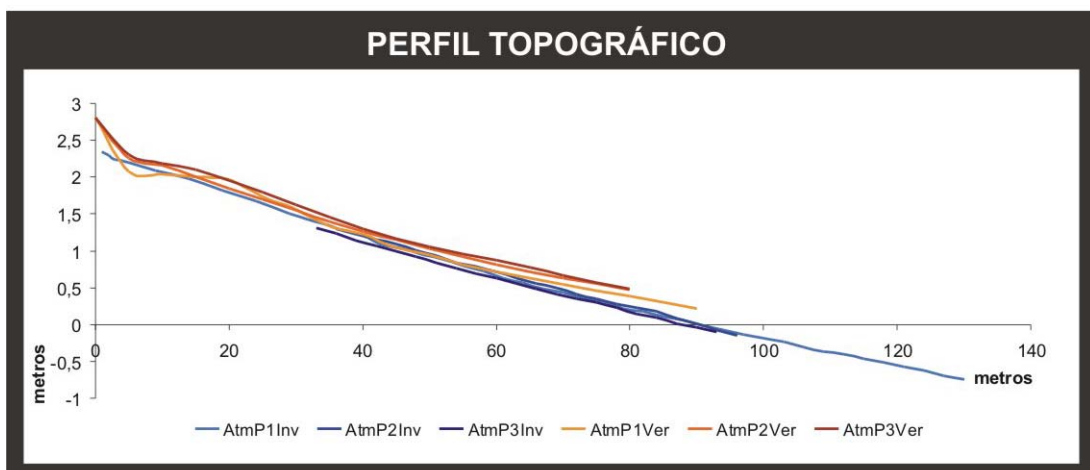
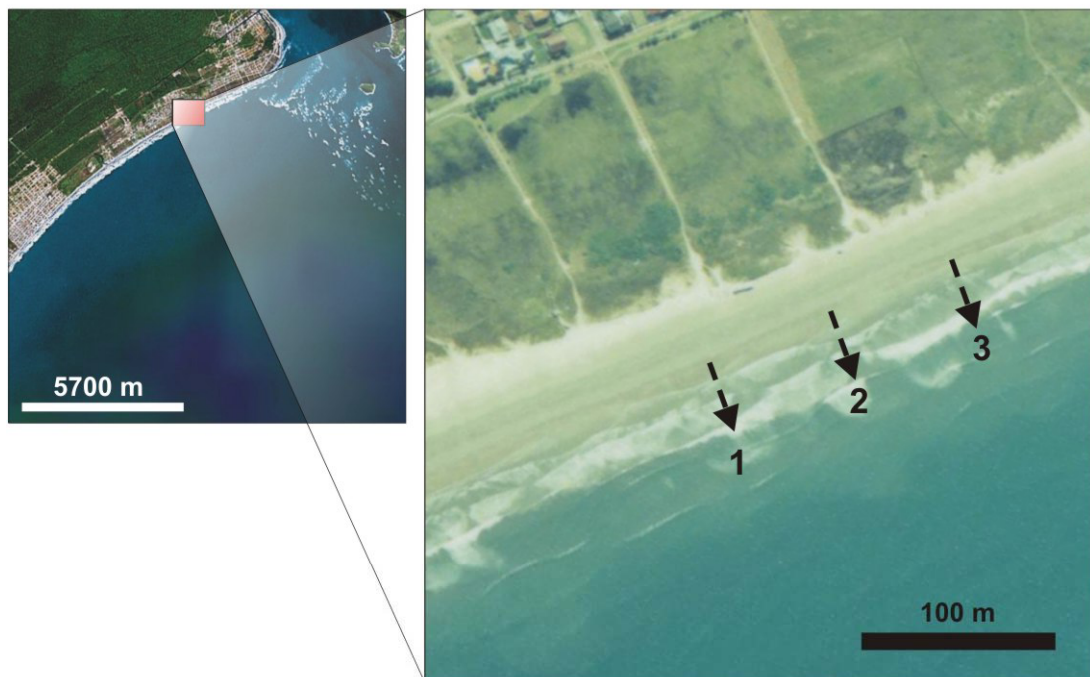
Figura 12. Histogramas de frequência granulométrica em escala phi para Balneário Nereidas e Praia de Navegantes, nos transectos 1, 2 e 3, na zona de espreamento e zona de surfe, para o período de inverno e verão. Gradiente de cores ilustrando a classificação verbal das classes de tamanho de grão (Cascalho, areia (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina) e lama).

Atami representou o extremo dissipativo das praias, com sedimentos muito bem e bem selecionados, composto por areia fina no inverno e areia fina e muito fina no verão (Figura 14). Também foi a praia que apresentou as menores permeabilidades, menor ângulo de inclinação e maior zona de surfe.

Outro fato comum às três praias diz respeito ao aporte de sedimento. Navegantes está na margem norte do Rio Itajaí (SC), Nereidas está entre a baías da Babitonga (SC) e Guaratuba (PR) e Atami entre a baía de Guaratuba e baía de Paranaguá.



## BALNEÁRIO ATAMI



**Figura 13.** Localização dos transectos (1, 2, 3) amostrados no Balneário Atami (Atm) para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); e variação temporal do perfil topográfico da porção sub-aérea, para os mesmos transectos e período. Fonte das imagens: Google<sup>TM</sup> Earth 4.0. e Laboratório de Geoprocessamento Costeiro (UFPR-CEM).





praias dissipativas é esperada uma maior produção primária, como decorrência da produção de diatomáceas fitoplanctônicas da zona de surfe, consequência do maior tempo de residência da água em células de circulação, com florações associadas a eventos meteorológicos, de alta agitação marítima (McLachlan & Brown, 2006, Odebrecht, 1995; Rörig *et al.*, 2006). No Brasil a presença da diatomácea *Asterionellopsis glacialis* é reportada para toda a costa do litoral sul, com o acúmulo de células na zona de surfe e de espraio associado a ventos do quadrante Sul. Esta diatomácea é uma das principais fontes de alimento para os metazoários do habitat intersticial (Odebrecht, 1995; Abreu *et al.*, 2003; Rörig *et al.*, 2006).

Apesar da menor incidência de ondas na área de espraio, o que torna a camada superficial do sedimento mais estável, a importância relativa da meiofauna tende a diminuir nas praias dissipativas (McLachlan & Brown, 2006). Isto se deve à maior contribuição de sedimentos finos com maior firmeza de empacotamento dos grãos; por mais que as ondas de espraio sejam longas, elas saturam de água apenas uma pequena camada de sedimento, que é também altamente dependente da circulação do lençol freático. Os sedimentos com espaços intersticiais pequenos e força de capilaridade significativa permanecem muitas vezes saturados de água, apresentando-se em condições tixotrópicas<sup>1</sup>. Nestas condições, as pressões extrínsecas aplicadas diminuem a resistência intrínseca do depósito à penetração. Quando a água é drenada, a resistência aumentada opõe-se às pressões externas, numa condição conhecida como dilatância. As propriedades tixotrópicas e dilatantes podem ser importantes para os animais cavadores (Medeiros, 1990; McLachlan & Brown, 2006).

Devido à alta produção primária local das diatomáceas da zona de surf e ao maior tempo de residência da água intersticial, há uma redução química do oxigênio logo nos primeiros centímetros do sedimento. Neste contexto, a infiltração, aeração e oxigenação do sedimento são menores, o que limita a ocorrência e distribuição vertical da meiofauna (McLachlan, 1989).

---

<sup>1</sup> Tixotropia: é o fenômeno da diminuição da viscosidade aparente com o tempo de cisalhamento, à uma taxa de cisalhamento constante, devida à quebra de uma estrutura organizada no fluido. Se deixarmos em repouso durante algum tempo um sistema tixotrópico, a viscosidade aparente aumentará devido à formação de uma estrutura mais organizada das partículas (grãos) em suspensão que “imobiliza” o líquido entre elas (Billington, 1960).

Apesar da zona de espraiamento produzir extremos químicos desfavoráveis para o domínio da meiofauna, as condições de menor hidrodinâmica em uma face de praia de declividade mais suave tornam as praias dissipativas ambientes ideais para o desenvolvimento de associações macrofaunais, fato já registrado em outras regiões (Brazeiro, 2001; Defeo *et al.*, 2003; Defeo & McLachlan, 2005), e também em praias do Paraná e Santa Catarina (Alves, 2004; Barros *et al.*, 2001, Borzone *et al.*, 1996). A presença dominante da macrofauna nestes tipos de praias pode igualmente ocasionar interações biológicas desfavoráveis para a meiofauna, como predação, competição por espaço, competição por recursos e bioturbação do sedimento (Tita *et al.*, 2000).

Em síntese, conclui-se que a associação de Navegantes, Nereidas e Atami ilustra ecossistemas praias com Zonas de Surfe. São praias dissipativas expostas, com larga zona de surfe formando células de circulação interna, geralmente com alta produção primária local fitoplanctônica, sedimentos finos e presença da camada redox nos primeiros centímetros, sendo a macrofauna e a alça microbiana os sistemas bióticos mais representativos (McLachlan & Brown, 2006).

Muitos trabalhos já haviam acentuado a importância de controles físicos e biológicos na estruturação das comunidades meiofaunais em diferentes tipos morfodinâmicos praias. Deve-se igualmente levar em conta as adaptações evolutivas relacionadas ao tamanho dos organismos, ao tipo de reprodução, desenvolvimento larval e hábitos alimentares, que podem variar entre os diferentes grupos taxonômicos e até mesmo entre populações de uma mesma espécie (Warwick, 1989; Whestheide, 1984).

Agradecimentos: ao programa de pós-graduação em Ciências Biológicas – Zoologia da UFPR e à CAPES pelo apoio logístico e financeiro. Aos Drs. Carlos A. Borzone, Tito C. M. de Almeida, Sérgio Netto e Fernando Veiga pelos valiosos comentários efetuados. A todos os amigos que ajudaram nas coletas. A UNIVALI pelas facilidades logísticas para a coleta. A todos os integrantes dos Laboratórios de Bentos (UFPR-CEM), de Ecologia de Comunidade Aquáticas (UNIVALI) e de Ciências Marinhas (UNISUL), pela força com materiais de laboratório, idéias e a amizade.

## Referências

- AAGAARD, T.; MASSELINK, G. The Surf Zone In: SHORT, A. D., *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. 1ed. John Wiley & Sons Ltd, 1999. p. 73-118.
- ABREU, P.C.; RÖRIG, L.R.; GARCIA, V.; ODEBRECHT, C.; BIDDANDA, B. Decoupling between bacteria and the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis* at Cassino Beach, Brazil. **Aquatic Microbial Ecology**, 32: 219-228. 2003.
- ALVES, E.S. *O efeito da morfodinâmica praial e suas variações temporais de curto e médio prazo sobre a macrofauna bentônica de três praias arenosas expostas de Santa Catarina, Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. 2004
- ALVES, E. S.; RODRIGUES, S. A.; PEZZUTO, P. R.; SHIMIZU, G. Y. Caracterização ambiental da porção subaérea de praias arenosas expostas com diferentes características morfológicas no litoral Centro-norte de Santa Catarina, Brasil. **Notas Técnicas da Facimar**, 8: 1-24. 2004
- ALVES, J.H.G.M.; MELO, E. Measurement and modeling of wind waves at the northern coast of Santa Catarina, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 49(1/2):13-28. 2001.
- AMARAL, A. C. Z.; DENADAI, M. R.; TURRA, A.; RIZZO, A. E. Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated sandy beaches. **Journal of Coastal Research**, SI 35: 446-455. 2003.
- ANGULO, R.J.; LESSA, G.C. The Brazilian sea-level curves: critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**, 140: 141-166. 1998.
- ANGULO, R.J. Morphological characterization of the tidal deltas on the coast of the State of Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 71: 935-959. 1999.
- ARAUJO, C.E.S.; FRANCO, D.; MELO, E.; PIMENTA, F. Wave regime characteristics of the southern Brazilian Coast. COPEDEC VI. Nº 097, 2003.
- ARAÚJO, S. A., 2005. Relatório Climatológico. Sintético mensal. Janeiro a Dezembro. Estação meteorológica automática. Itajaí-SC. Universidade do Vale do Itajaí. Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. Laboratório de Climatologia.
- ARAÚJO, S. A., 2006. Relatório Climatológico. Sintético mensal. Janeiro a Dezembro. Estação meteorológica automática. Itajaí-SC. Universidade do Vale do Itajaí. Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. Laboratório de Climatologia.

ARMONIES, W. Drift meio- and macrobenthic invertebrates on tidal flats in Königshafen: a review. **Helgolander Meeresunters**, 48: 299-320. 1994.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; MATOS, D.J.; WERNER, A. *A Serra do Mar e a porção oriental do Paraná, um problema de segurança ambiental e nacional*. Secretaria de Estado do Planejamento do Paraná, 1978.

BILLINGTON, E.W. Some measurements of the time dependence of the viscosity of thixotropic fluids. **Proceedings of the Physical Society**, 75: 40-50. 1960.

BRAZIERO, A., Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: what are the underlying factors? **Marine Ecology Progress Series**, 224: 35-44. 2001.

BRAZEIRO, A.; DEFEO, O. Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 42: 523-536. 1996.

BARROS, F.; BORZONE, C. A.; ROSSO, S. Macroinfauna of six beaches near Guaratuba bay, Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 44: 351-364. 2001.

BORZONE, C.A.; GIANUCA, N.M. A zonação infralitoral em praias arenosas expostas. II Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, **Publicações ACIESP**, 3: 280-296. 1990.

BORZONE, C. A.; MELO, S. G.; REZENDE, K. V.; VALE, R.; KRUL, R., Macrobenthic intertidal communities from wave to tide dominated beach environments: a case study in two Brazilian beaches. **Journal of Coastal Research**, SI 35: 472-480. 2003.

BORZONE, C.A.; SOUZA, J.R.B.; SOARES, A.G., Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. **Revista Chilena de História Natural**, 69: 565-577. 1996.

BROWN, A.C.; McLACHLAN, A. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. **Ecological Conservation**, 29: 62-77. 2002.

CAMARGO, MG. Um sistema de código aberto para análises granulométricas do Sedimento. **Revista Brasileira de Geociências**. no prelo

CAPUTO, H. P. *Mecânica de solos e suas aplicações*. Rio de Janeiro, Editora Livros Técnicos e Científicos. 1980.

CARTER, R.W.G. *Coastal Environments: An introduction to physical, ecological and cultural systems of coastlines*. London: Academic Press Inc. 1988.

CARVALHO, J.L.B., KLEIN, A.H.F., SCHETTINI, C.A.F.; JABOR, P.M. Marés meteorológicas em Santa Catarina: influência do vento na determinação de parâmetros de projetos para obras costeiras. In: PROCEEDINGS OF III SIMPÓSIO SOBRE OCEANOGRAFIA, São Paulo. 1996. p. 380.

DEAN, H. G. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: PROCEEDINGS OF CONFERENCE ON ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE, Sydney, 1973. p. 208-214.

DEFEO, O.; LERCARI, D.; GOMEZ, J. The role of morphodynamics in structuring sandy beach populations and communities: What should be expected? **Journal of Coastal Research**, SI 35: 352-362. 2003.

DEFEO, O.; McLACHLAN, A. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. **Marine Ecology Progress Series**, 295:1-20, 2005.

ELFRINK, B.; BALDOCK, T.E. Hydrodynamics and sediment transport in the swash zone: a review and perspectives. **Coastal Engineering** 45:149–167. 2002.

FRICKE, A.F.; FLEMMING, B.W. Selective microhabitat colonization by interstitial meiofauna as a function of grain size. In: MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. *Sandy Beaches as Ecosystems*. Junk, The Hague, NL. 1983. p. 421-431.

FROST, M.T.; ATTRILL, M.J.; ROWDEN, A.A.; ANDREW, F. Abundance – occupancy relationships in macrofauna on exposed sandy beaches: patterns and mechanisms. **Ecography**, 27: 643-649. 2004.

GALLUCI, F.; NETTO, S.A. Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an ecosystem approach. **Marine Ecology Progress Series**, 281:79-92. 2004.

GIERE, O. *Meiobenthology: the microscopic fauna in aquatic sediments*. Berlin, Springer-Verlag, 1993.

GHESKIÉRE, T.; VINCX, M.; URBAN-MALING, B.; ROSSANO, C.; SCAPINI, F.; DEGRAER, S. Nematodes from wave-dominated sandy beaches: diversity, zonation patterns and testing of the isocommunities concept. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, 62: 365-375. 2005.

GUZA, R.T.; INMAN, D.L. Edge waves and beach cusps. **Journal of Geophysical Research**, 80: 2997-3012. 1975.

HIGGINS, R.P.; THIEL, H. *Introduction to the Study of Meiofauna*. London, Smithsonian Institution Press. 1988.

HUGHES, M.; TURNER, I. The Beachface In: SHORT, A.D., *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. 1ed. John Wiley & Sons Ltd. 1999. p. 119-144.

HOEFEL, F.G. *Morfologia de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica*. Editora da Univali. 1998.

HOEFEL, F.G.; ELGAR, S. Wave-induced sediment transport and sandbar migration. **Science**, 299: 1885-1887. 2003.

HOPPER, M. 2006. **WXTide32 versão 4.5 copyright © 1998-2006**. [http://wxtide32.com]

JACKSON, D.W.T.; COOPER, J.A.G; Del RIO, L. Geological control of beach morphodynamic state. **Marine Geology**, 216: 297-314. 2005.

JARAMILLO, E.; DUGAN, J.; CONTRERAS, H. Abundance, tidal movement, population structure and burrowing rate of *Emerita analoga* (Anomura, Hippidae) at a dissipative and a reflective sandy beach in South Central Chile. **Marine Ecology**, 21 (2): 113-127. 2000.

JESUS, B.; MENDES, C.R.; BROTAS, V.; PATERSON, D.M. Effect of sediment type on microphytobenthos vertical distribution: Modeling the productive biomass and improving ground truth measurements. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 332: 60– 74. 2006.

KLEIN, A.H.F., Um método indireto para a determinação do estágio morfodinâmico de praias oceânicas arenosas. In: ANAIS, VI CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (Curitiba, ABEQUA), 1997. p.76-78.

KLEIN, A.H.F.; MENEZES, J.T., Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. **Journal of Coastal Research**, 17(4): 812-835. 2001.

KLEIN, A.H.F.; DIEHL, F.L.; JUNIOR, O.R.; FILHO, L.B., O Litoral de Santa Catarina e a ocupação desordenada das suas praias. **Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado**, 2: 6-7. 2002.

KNOPPERS, B.A.; BRANDINI, F.P.; THAMM, C.A. Ecological studies in the bay of Paranaguá. II. Some physical and chemical characteristics. **Nerítica**, 2: 1-36. 1987.

KOMAR, P. D. *Beach Processes and Sedimentation*. 2ed. Prentice-Hall, Inc. 1998.

KOTWICK, L.; SZYMELFENIG, M.; TROCH, M.; URBAN-MALINGA, B.; WESLAWSKI, J.M. Latitudinal biodiversity patterns of meiofauna from sandy littoral beaches. **Biodiversity and Conservation**, 14: 461-474. 2005.

LANA, P.C. Um novo índice para avaliar a heterogeneidade de sedimentos não consolidados. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 25 (3/4): 357-360, 1982.

LANA, P.C.; MARONE, E.; LOPES, R.M.; MACHADO, E.C. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá bay, Brazil. **Ecological Studies**, 144: 131-145. 2001.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. *Numerical ecology*. 2 ed. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. Company, 1998.

LESSA, G.C.; ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.; ARAÚJO, A.D., Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in South Brazil. **Marine Geology** 165: 87-108, 2000.

LI, J.; VINCX, M.; HERMAN, P.M.J.; HEIP, C. Monitoring Meiobenthos using cm-, m- and km-scales in the Southern Bight of the North Sea. **Marine Environmental Research**, 43:265-278. 1997.

LINDROTH, G. Caiobá: Um Modelo em Proteção e Recuperação de Praias Atacadas Pela Erosão Marinha. Disponível em: <http://www.netpar.com.br/lindroth/>. Acesso em: 09 jan. 2007.

LORENZEN C. J., Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations, **Limnology and Oceanography**, 12. 1967.

LOYOLA E SILVA, J.; MASUNARI, S.; FORNERIS, L. Padrão de distribuição da macrofauna mesopsâmica da Praia de Leste, Paraná. XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, Cuiabá, 1986.p. 246.

MARINHA DO BRASIL. *Carta de Pressão ao Nível do Mar*. Rio de Janeiro, Centro de Hidrografia da Marinha, 2005.

MASSELINK, G.; PULEO, J.A. Swash-zone morphodynamics. **Continental Shelf Research** 26: 661–680. 2006.

MASSELINK, G.; SHORT, A.D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research**, 9 (3): 785-800. 1993.

MASSELINK, G; RUSSEL, P. Flow velocities, sediment transport and morphological change in the swash zone of two contrasting beaches. **Marine Geology**, 227: 227– 240. 2006.

McARDLE, S.B.; McLACHLAN, A. Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. **Journal of Coastal Research**, 8 (2): 398-407. 1992.

McCAMMON R.B. Efficiencies of percentile measurements for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. **Journal of Geology**, 70:453-465. 1962.

McGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.; STAFFORD, S. *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. Spring-Verlang. 2000.

McGWYNNE, L.; McLACHLAN, A. *Ecology and Management of Sandy Coast*. Institute for Coastal Research Report. 1992.

McLACHLAN, A. Water filtration by dissipative beaches. **Limnology and Oceanography**, 34(2): 774-780. 1989.

McLACHLAN, A.; BROWN, A.C. *The Ecology of Sandy Shores*. 2ed. Amsterdam, Elsevier, 2006.

McLACHLAN, A.; ERASMUS, T.; FURSTENBERG, J.P. Migrations of sandy beach meiofauna. **Zoologica Africana** 12 (2): 257-277.1977.

McLACHLAN, A.; JARAMILLO, E.; DONN, T.E.; WESSELS, F. Sandy beach macrofauna communities and their control by physical environmental, a geographical comparison. **Journal of Coastal Research**, SI 15, 27-38. 1993.

MEDEIROS, L.R.A. Conhecimento sobre meiobentos no Brasil e relato de um caso da costa sudeste-sul brasileira: Síntese de conhecimentos. **Publicações Aciesp**, 54: 348-379. 1987.

MEDEIROS, L.R.A. Meiofauna de praias arenosas marinhas. **Publicações Aciesp**, 71 (4): 160-196. 1990.

MOELLMANN, A. *Variação espacial e temporal da meiofauna de duas praias arenosas do estado de São Paulo e efeito do turismo sobre a meiofauna e os nematoda no verão*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2003.

MORENO, M; FERRERO, T.J.; GRANELLI, V.; MARIN, V.; ALBERTELLI, G.; FABIANO, M. Across shore variability trophodynamic features of meiofauna in a microtidal beach of the NW Mediterranean. *Estuarine, coastal and shelf science*, 66 (3-4): 357-367. 2006.

MÜEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A., 1998. p. 273-349.

MUEHE, D. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da Orla Costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2: 35-44. 2001.

NORDSTROM, K.F. *Beaches and Dunes of Developed Coasts*. Cambridge: Cambridge University Press. 2000.

ODEBRECHT C.; SEGATTO A.Z.; FREITAS C.A. Surf-zone chlorophyll a variability at Cassino Beach, Southern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 41(1): 81-90.1995.



OMENA, E.P.; AMARAL, A.C. Sandy beach morphodynamic and the polychaete fauna in Southeast Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 35: 431-439. 2003.

RODRÍGUEZ, J.G. Intertidal water column meiofauna in relation to wave intensity on a exposed beach. **Scientia Marina**, 68 (1): 181-187. 2004.

RODRÍGUEZ, J.G.; LASTRA, M.; LÓPEZ, J. Meiofauna distribution along a gradient of sandy beaches in Northern Spain. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, 58S: 63-69. 2003.

RÖRIG, L.R.; ALMEIDA, T.C.M.; GARCIA, V. M. T. Structure and succession of the surf-zone phytoplankton in Cassino Beach, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 39: 1246-1250. 2006.

SCAPINI, F. Beaches – What a Future? A integrated approach to the ecology of sand beaches. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, 58S: 1-3. 2003.

SCHETTINI, C.A.F.; CARVALHO, J.L.; TRUCCOLO, E. Aspectos hidrodinâmicos da enseada da Armação de Itapocoroy, SC. **Notas Técnicas da FACIMAR**, 3: 99-109. 1999.

SCHOEMAN, D.S.; WHEELER, M.; WAIT, M., The relative accuracy of standard estimators for macrofaunal abundance and species richness derived from selected intertidal transect designs used to sample exposed sandy beaches. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 58: 5-16. 2003.

SILVA, A.P.C. *Efeito da maré na distribuição vertical da meiofauna e de Copepoda Harpacticoida na praia arenosa de Maracápe (Pernambuco, Brasil)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2006.

SHORT, A.D. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. **Revista Chilena de Historia Natural**, 69: 589-604. 1996.

SHORT, A.D. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. 1ed. John Wiley & Sons Ltd. 1999.

SHORT, A.D.; HESP, P. A. Beach ecology. In: SHORT, A. D., *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. 1ed. John Wiley & Sons Ltd, 1999, p. 271-278.

SHORT, A.D.; MASSELINK, G. Embayed and structurally controlled beaches. In: SHORT, A. D., *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. 1ed. John Wiley & Sons Ltd, 1999, p. 230-250.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. *Introduction to Biostatistics*. 2ed. San Francisco: W. H. Freeman and Company. 1973.

SOUZA-SANTOS, L.P.; RIBEIRO, V.S.S.; SANTOS, P.J.P.; FONSECA-GENEVOIS, V. Seasonality of intertidal meiofauna on a tropical sandy beach in Tamandaré bay (Northeast Brazil). **Journal of Coastal Research**, SI 35: 369-377, 2003.

SOUZA-SANTOS, L.P.; SANTOS, P.J.P.; FONSECA-GENEVOIS, V.G. Meiofauna. In: ESKINAZI-LEÇA, E; NEUMANN-LEITÃO, S; COSTA, M.F. *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife, Editora Bagaço. 2004. p. 529-554.

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo, Edgard Blucher, 1973.

TITA, G.; DESROSIERS, G.; VINCX, M.; NOZAIS, C. Predation and sediment disturbance effects of internal polychaeta *Nereis virens* (Sars) on associated meiofaunal assemblages. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 243: 261-282. 2000.

TRUCCOLO, E.C.; FRANCO, D.; SCHETTINI, C.A.F., Coastal sea level variability due to meteorological forcing in the Northern Coast of Santa Catarina, Brazil: Observations. In: LITTORAL 2002, THE CHANGING COAST. EUROCOAST / EUCC, Porto – Portugal. 2002. p.219-223.

VELOSO, V. G.; CAETANO, C. H. S.; CARDOSO, R. S. Composition, structure and zonation of intertidal macroinfauna in relation of physical factors in microtidal sandy beaches in Rio de Janeiro state, Brazil. **Scientia Marina**, 67 (4): 393-402. 2003.

VILLORA-MORENO, S; CAPACCIONI-AZZATI, R.; GARCIA-CARRASCOSA, A.M., Meiobenthos of sandy beaches from the Gulf of Valencia (Western Mediterranean): Ecology of Interstitial Polychaetes. **Bulletin of Marine Science**. 48(2): 376-385.1991.

WARWICK, R.M. The role of meiofauna in the marine ecosystem: evolutionary considerations. **Zoological Journal of the Linnean Society**, 96: 229-241. 1989.

WESTHEIDE, W. The concept of reproduction in polychaetes with small body size: adaptations in interstitial species. **Fortschritte der Zoologie**, 29: 265-287. 1984.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, 56: 93-118. 1984.

WRIGHT, L.D.; THOM, B.G. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. **Progress in Physical Geography**, 1: 412-459.1977.

YAMAMURO, M. Abundance and size distribution of sublittoral meiobenthos along estuarine salinity gradients. **Journal of Marine Systems**, 26: 135-143. 2000.

## Anexos

**Tabela 2. Parâmetros morfométricos e hidrodinâmicos obtidos em cada um dos três transectos (1, 2 e 3) das praias do Estaleiro (Est), Mansa (Mns), Ilhota (Ilh), Nereidas (Ner), Navegantes (Nav) e Atami (Atm), no Inverno e Verão. Altura de onda ( $H_b$ ), período de onda (T onda), período do espraimento (T espraimento), razão entre T onda e T espraimento (To/Tes), desnível e largura do espraimento, razão entre o desnível e largura da face praial (Slp), ângulo de inclinação da face praial (Ângulo ( $^\circ$ )), tamanho da zona de surfe, *surfing scaling parameter* ( $\epsilon$ ), *relative tide range* (RTR), velocidade de queda adimensional ( $\Omega$ ) e velocidade de queda adimensional empírica ( $\Omega_t$ ).**

	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Praia	Hb (cm)		T onda (seg)		T espraimento (seg)		To/Tes		Desnível do espraimento (m)		Largura do espraimento (m)	
Est1	250	60	7,7	8,5	7,5	8,5	1,0	1,0	2,0	2,1	7	15
Est2	250	60	7,9	7,5	8,4	7,5	0,9	1,0	1,7	2,3	10	15
Est3	250	60	7,5	8,0	8,7	8,0	0,9	1,0	1,5	2,4	8	15
Mns1	40	30	5,0	7,5	5,2	7,9	1,0	0,9	1,1	1,9	9,7	15
Mns2	40	50	6,4	7,3	5,6	8,0	1,1	0,9	1,4	1,6	9,2	15
Mns3	50	60	7,2	8,3	6,7	8,8	1,1	0,9	0,8	2,0	8	15
Ilh1	150	70	6,7	9,9	6,9	12,2	1,0	0,8	1,3	2,2	10	12
Ilh2	150	85	6,5	10,2	6,5	13,1	1,0	0,8	1,3	1,6	9,5	8
Ilh3	150	50	6,1	15,5	8,3	18,2	0,7	0,9	1,3	1,7	11	8
Ner1	110	100	7,7	7,5	9,9	14,2	0,8	0,5	0,8	0,2	20	15
Ner2	100	100	6,9	10,1	8,0	19,3	0,9	0,5	0,8	0,5	16	20
Ner3	100	100	6,8	10,0	6,9	23,4	1,0	0,4	0,9	0,5	18	20
Nav1	80	70	7,1	7,9	18,9	20,8	0,4	0,4	1,2	0,9	30	25
Nav2	100	80	7,4	9,5	19,3	11,4	0,4	0,8	0,9	0,8	26	25
Nav3	150	80	9,6	10,8	15,1	14,2	0,6	0,8	0,5	0,8	25	25
Atm1	80	80	12,9	11,3	14,9	22,0	0,9	0,5	0,6	0,5	30	30
Atm2	80	90	9,4	8,3	12,1	20,3	0,8	0,4	0,6	0,6	27	30
Atm3	60	90	9,1	10,4	18,5	19,2	0,5	0,5	0,7	0,6	31	30

**Tabela 1. Continuação**

	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Praia	Slp		Angulo (o)		Tamanho (Z. Surfe)		Surf. Scal		RTR		$\Omega$		$\Omega_t$	
Est1	0,286	0,143	16	8	20	ausente	1,0	0,8	0,4	1,7	2,8	0,6	0,3	1,1
Est2	0,172	0,154	10	9	20	ausente	2,7	0,9	0,4	1,7	4,0	1,1	0,8	0,9
Est3	0,188	0,157	11	9	18	ausente	2,6	0,8	0,4	1,7	4,2	1,0	0,6	0,9
Mns1	0,111	0,126	6	7	7	14	2,6	0,7	3,8	5,0	2,7	2,6	1,8	1,4
Mns2	0,149	0,109	9	6	6,2	11,5	0,9	1,6	3,8	3,0	1,2	2,1	1,0	1,9
Mns3	0,103	0,131	6	8	6,5	12,5	1,9	1,0	3,0	2,5	1,5	1,4	2,1	1,3
Ilh1	0,130	0,183	7	10	32	70	4,0	0,4	0,7	1,4	4,6	1,6	1,3	0,7
Ilh2	0,137	0,203	8	12	39	50	3,9	0,4	0,7	1,2	2,9	1,6	1,2	0,5
Ilh3	0,118	0,211	7	12	42	36	5,8	0,1	0,7	2,0	4,5	1,2	1,6	0,5
Ner1	0,041	0,011	2	1	48	68	22,1	315,0	1,4	1,5	4,4	4,5	13,4	197,8
Ner2	0,052	0,023	3	1	46	70	15,7	39,0	1,5	1,5	7,2	3,5	8,4	44,4
Ner3	0,048	0,024	3	1	52	60	18,8	36,5	1,5	1,5	6,1	5,6	9,7	40,7
Nav1	0,041	0,028	2	2	88	86	18,8	28,8	1,3	1,4	2,1	4,3	13,2	28,7
Nav2	0,035	0,026	2	1	70	73	29,7	26,4	1,0	1,3	1,7	4,3	18,0	33,3
Nav3	0,021	0,028	1	2	72	68	75,3	15,4	0,7	1,4	2,8	4,4	52,0	28,7
Atm1	0,021	0,017	1	1	100	110	21,3	39,8	1,9	2,1	4,4	5,8	49,4	81,0
Atm2	0,024	0,019	1	1	86	80	32,7	75,6	1,9	1,7	5,9	7,3	40,0	64,6
Atm3	0,021	0,019	1	1	86	100	32,3	44,9	2,5	1,7	5,4	8,1	49,6	60,2

**Tabela 3. Parâmetros granulométricos e físico-químicos obtidos nas praias do Estaleiro (Est), Mansa (Mns), Ilhota (Ilh), Nereidas (Ner), Navegantes (Nav) e Atami (Atm), em cada um dos níveis (Z. de espraiamento e Z. de Surfe) dos 3 perfis (1, 2 e 3), no Inverno e no Verão. Temperatura do sedimento (T°C) e salinidade (Sal, em ppt, tamanho médio do grão em phi (Ø), condutividade hidráulica (K em cm.s<sup>-1</sup>), porcentagem de carbonato de cálcio (%CaCO<sub>3</sub>) e porcentagem de matéria orgânica (%MO). Concentração de clorofila em mg de clorofila a/cm<sup>3</sup>(Cio/V), concentração de feopigmentos em mg/cm<sup>3</sup>(Feo/V).**

	Inverno		Verão		Inverno		Verão		Inverno		Verão		Inverno		Verão		Inverno		Verão	
Praia	T°C		T°C		Sal.		Sal.		Ø médio		Ø médio		K		%CaCO3		%CaCO3			
	espraiamento		Z. de Surfe		Espraiamento		Z. Surfe		(Espraimaneto)		(Z. Surfe)		(cm.s <sup>-1</sup> )		(Espraimento)		(Z. Surfe)			
Est1	19	26	18	26	31	35	30	35	0,41	0,32	1,16	1,09	0,0044	0,0227	2,79	5	2,52	4,33		
Est2	20	27	19	26	30	35	30	35	0,94	1,25	0,68	1,00	0,0058	0,0101	2,61	4,46	1,62	4,57		
Est3	19	28	19	27	31	35	31	35	0,93	1,00	0,81	0,99	0,0039	0,0115	1,66	3,63	3,28	3,48		
Mns1	17	27	19	26	30	24	30	24	1,95	2,44	2,71	2,17	0,0030	0,0036	3,5	3,31	1,02	7,77		
Mns2	19	28	19	26	27	24	25	24	2,38	1,87	2,46	2,85	0,0024	0,0055	3,77	3,93	2,3	2,34		
Mns3	18	27	19	26,5	20	24	18	24	2,23	1,37	2,36	2,80	0,0023	0,0029	3,29	5,54	2,41	10,98		
Ilh1	19	29	17	28	34	34	34	34	2,07	1,24	1,21	2,33	0,0099	0,0209	1,09	9,37	2,95	9,55		
Ilh2	17	29	18	28	34	35	34	35	1,44	0,99	1,27	2,52	0,0059	0,0172	1,13	7,85	3,86	10,26		
Ilh3	18	30	18	28	34	35	34	35	1,58	1,19	1,00	2,37	0,0057	0,0151	1,47	7,22	1,58	11,37		
Ner1	18	31	19	27	35	35	35	35	1,51	2,21	1,52	2,92	0,0012	0,0023	0,45	2,66	0,45	4,05		
Ner2	19	30	19	27	35	35	35	35	2,39	1,84	1,94	2,71	0,0012	0,0022	1,86	4,01	2,02	3,66		
Ner3	21	31	19	27	35	35	34	35	1,39	2,37	2,22	2,22	0,0012	0,0023	1,76	3,83	0,73	5,45		
Nav1	19	29	18	28	25	34	24	32	1,39	2,40	2,32	2,36	0,0020	0,0028	3,4	3,77	3,47	4,27		
Nav2	19	31	18	28	25	34	25	32	0,88	2,35	2,30	2,66	0,0015	0,0021	2,36	3,63	2,6	3,69		
Nav3	19	31	18	28	26	35	25	32	1,40	2,61	2,05	2,62	0,0010	0,0033	2,89	3,36	2,86	3,91		
Atm1	19	27	19	25	32	34	32	34	2,78	2,98	2,36	3,13	0,0005	0,0014	2,11	3,77	2,17	7,56		
Atm2	21	29,5	19	26	35	34	31	34	2,77	2,96	2,86	3,13	0,0005	0,0014	1,69	3,32	3,09	5,08		
Atm3	22	30,5	19	27	33	34	31	34	2,92	3,00	2,75	3,00	0,0005	0,0014	2,02	3,16	1,4	6,2		

**Tabela 2 Continuação.**

	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Praia	%MO (Espraimento)		%MO (Z. Surfe)		Clo/V (Espraimento)		Clo/V (Z. Surfe)		Feo/V (Espraimento)		Feo/V (Z. Surfe)	
Est1	0,58	2,17	1,64	1,09	0,276731	0,332077	0	0,201259	0	0,125032	0	0,22717088
Est2	1,03	1,72	1	1,81	0,201259	0,372329	0	0,422644	0	0,084026	0	0,00352203
Est3	1,08	1,28	0,36	1,21	0,452832	0,46038	0,352203	0,415096	0	0,034466	0	0,10465458
Mns1	2,3	0,52	0,75	1,4	0	0,196227	0,452832	0,349687	0	0,026415	0	0,05056628
Mns2	1,52	1,09	1,01	0,88	0,327046	0,05283	0,301888	0,18868	0	0,041006	0	0,07924566
Mns3	0,89	1,66	1,42	2,33	0,176101	0,181133	0,251574	0,299372	0	0,000252	0,04528323	0,00075472
Ilh1	1,24	3,59	1,73	4,48	0,276731	0,716985	0,37736	2,981146	0,047798967	0,013585	0	0,02616365
Ilh2	1,17	2,45	1,55	3,79	0,729563	0,82013	0,47799	1,285541	0	0,017359	0	0,08654129
Ilh3	0,84	2,57	1,6	4,61	0,301888	0,943401	0,125787	1,949695	0,027673086	0,032956	0	0,15471771
Ner1	0,89	0,87	0,69	0,94	0,075472	0,465411	0,628934	0,591198	0,01006294	0	0	0
Ner2	0,38	1,03	1,29	0,88	0,201259	0,410065	0,201259	0,384907	0	0	0	0
Ner3	0,34	0,51	0,51	1,93	0,276731	0,143397	0,603776	0,387423	0	0,113208	0	0
Nav1	1,48	1,36	1,3	1,9	0,226416	0	0,150944	0	0,035220292	0	0	0
Nav2	0,5	1,28	0,69	1,27	0,226416	0	0,050315	0,072956	0	0	0	0,51773829
Nav3	0,85	1,03	1,07	1,48	0,427675	0,042767	0,075472	0,374845	0	0	0	0
Atm1	0,74	0,69	0,86	2,09	0,264152	0,332077	x	x	0	0,556606	x	x
Atm2	0,85	1,08	0,84	1,25	0,654091	0,757236	0,452832	0,479248	0	0,082768	0	0
Atm3	0,56	0,68	1,21	1,9	x	x	0,327046	0,294341	x	x	0	0,14415162

**Tabela 3. Dados meteorológicos\* e de marés\*\* nas praias do Estaleiro, Ilhota, Navegantes localizadas no litoral Centro-Norte de Santa Catarina, e Mansa ,Nereidas, e Atami localizadas no litoral do Paraná, no verão e inverno. Datas referentes aos dias de coletas do verão e inverno, temperatura média em graus Celsius, pluviosidade acumulada em 24hs e 168hs (mm), velocidade média do vento em Km/h, direção predominante do vento, média e amplitude da maré astronômica prevista em metros durante o período da coleta (3hs).**

	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Praias	Dia da Coleta		Temperatura do ar		Pluviosidade 24hs		Pluviosidade 168hs		Velocidade média do vento		Vento (Direção)		Maré (média) astronômica		Maré (Δ) astronômica	
Estaleiro	20/9/2005	8/3/2006	19,6	26,2	7	0	51,8	8,4	4,8	6,2	SW	NNE	0,1	0,4	0,2	0,1
Ilhota	16/9/2005	7/3/2006	16,6	26,4	2,6	0	42,6	8,4	3,5	5,6	NNE	ENE	0,25	0,4	0,4	0,1
Navegantes	19/9/2005	6/3/2006	19	28,2	28,6	0	71,8	8,4	5,2	7,0	ENE	N	0,1	0,3	0,2	0,2
Mansa	3/9/2005	16/3/2006	17	26,2	0	0	154,7	48	3,5	3,1	SW	W-E	0,3	0,3	0,5	0,3
Nereidas	2/9/2005	17/3/2006	19	26,6	23,6	26,2	154,7	77,4	4,5	3,01	SW	W-E	0,4	0,35	0,8	0,3
Atami	5/9/2005	14/3/2006	19	25,5	88,9	3,2	243,6	51,2	4,5	3	SSE	W-E	0,2	0,4	0,5	0,5

\*Araújo (2005 e 2006) e Estação meteorológica de Pontal do Sul (Laboratório de Física Marinha - CEM/UFPR).

\*\*WXTide32 versão 4.5 © (Hopper, 2006).

**Protocolos otimizados de amostragem de poliquetas intersticiais em praias arenosas expostas****Resumo**

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver protocolos otimizados de amostragem de poliquetas intersticiais nas praias arenosas expostas de Estaleiro e Ilhota (Santa Catarina, Brasil). Na zona de espraçamento e na zona de surfe de cada uma das praias foram coletadas 10 amostras com um amostrador de 2,6 cm e outras 10 com amostrador de 4,6 cm de diâmetro, enterrados até 10 cm no sedimento, totalizando 80 amostras. Os táxons mais representativos na zona de espraçamento foram *Protodrilus* spp. e *Saccocirrus* spp., e na zona de surfe *Hesionides* sp., *Hesionura* sp. e *Pisione* sp. O amostrador de 4,6 cm foi mais preciso (Índice de precisão > 80%) para a estimativa da densidade média total, riqueza de espécie e densidade média da populações locais de poliquetas intersticiais. O esforço amostral ideal para este amostrador foi de seis réplicas, já que as curvas de desempenho da variância média mostraram um rápido decréscimo da variância e do desvio padrão da variância já a partir de cinco réplicas. Esforços menores do que cinco réplicas são inadequados para a estimativa de descritores das associações de poliquetas intersticiais, por aumentarem consideravelmente os erros estatísticos e a influência de erros sistemáticos. Pelo menos seis réplicas são necessárias, apesar do conseqüente aumento dos recursos e tempo disponível para processamento das amostras.

Palavras chaves: Poliquetas intersticiais, praia arenosa, eficiência amostral.



## Abstract

This study develops optimal sampling protocols for interstitial polychaetes in exposed sandy beaches of Estaleiro and Ilhota (Santa Catarina State, S Brazil). At each beach 10 samples were taken in the swash and surf zone using 2,6 cm and 4,6 cm diameter cores, down to 10 cm in the sediment, totalizing 80 samples. The dominant swash *taxa* were *Protodrilus* spp. and *Saccocirrus* spp., and the surf zone ones were *Hesionides* sp., *Hesionura* sp. e *Pisione* sp. The 4,6 cm core was better (precision index > 80%) to estimate mean densities and total abundance. The ideal sampling effort was estimated to be 6 replicates for the 4,6 cm-core, since the performance curves of the mean variance showed a fast decrease of variance means and standard deviation values on 5 replicates. Less than five replicas are inadequate for the estimate of descriptors of the associations of interstitial polychaetes, due to the increase of statistical errors and the influence of systematic errors. More than six replicas are ideal for reliable estimates, though they represent an increase in resources and time for sample and data processing.

Keywords: Interstitial polychaetes, sandy beach, sampling efficiency

## Introdução

Muitos estudos vêm procurando analisar padrões de distribuição espacial em macroescala do bentos marinho (Kotwicki *et al.*, 2005, Gobin & Warwick, 2006). Contudo, estas abordagens não têm obtido resultados satisfatórios, por empregarem distintos índices de diversidade, níveis de resolução taxonômicas muito abrangentes ou uma grande variedade de protocolos amostrais (Kotwicki *et al.*, 2005). Uma das possíveis soluções para este problema deve ser o desenvolvimento de protocolos otimizados de amostragem em diferentes escalas espaciais para uma adequada abordagem da estrutura e função da macro- e da meiofauna em fundos marinhos. Neste contexto, análises comparando o custo, expresso pelo tempo e recursos materiais e financeiros necessários, e o benefício, expresso pela precisão e acurácia, são as mais adotadas em estudos ecológicos (Andrew & Mapstone, 1987; Borg *et al.*, 2002; Esteves *et al.*, 1995, 1997; Somerfield & Clarke, 1997; Underwood & Chapman, 2005). Menores despesas e esforços amostrais em campo e rotinas expeditas de laboratório serão sempre mais desejáveis se a representatividade (acurácia) e a confiança (precisão) das medidas do espaço e das quantidades não forem afetadas (Andrew & Mapstone, 1987).

O conceito de acurácia (exatidão ou proximidade entre o valor obtido experimentalmente e o valor verdadeiro na medição de uma grandeza física) expressa a conformidade com a “verdade de campo ou laboratório”, exigindo uma boa precisão e um mínimo de erros sistemáticos. Precisão se refere à replicabilidade e confiabilidade dos resultados, estando negativamente correlacionada com erros estatísticos e casuais (Sokal & Rohlf, 1973; Andrew & Mapstone, 1987; Schoeman *et al.*, 2003).

Erros sistemáticos podem ser solucionados pela adequação dos amostradores, por boas práticas de laboratório e por um número suficiente de réplicas para uma boa representatividade das estimativas da riqueza e abundância das comunidades biológicas. Erros estatísticos como o desvio padrão, o erro padrão e o intervalo de confiança são mensuráveis, e podem ser minimizados com aumento da cobertura de amostragem, seja pela sistematização do desenho amostral ou pelo aumento do número de réplicas. Amostragens com menores erros sistemáticos e estatísticos e que demandem

menos tempo e gastos financeiros são naturalmente mais eficientes (Andrew & Mapstone, 1987).

Estudos sobre a adequação metodológica de amostragens da meiofauna são ainda escassos (Gray, 1973; Esteves *et al.*, 1995, 1997). A meiofauna é convencionalmente definida como o conjunto de organismos bentônicos retidos em malhas de 0,045 mm ou 0,063 mm, sendo composta por uma grande diversidade de filos da biota marinha (Kennedy & Jacoby, 1999). Dentre os inúmeros grupos meiofaunais, os poliquetas intersticiais podem apresentar alta biomassa principalmente em ambientes praias arenosos (Delgado *et al.*, 2003; Villora-Moreno *et al.*, 1991; Villora-Moreno, 1997 e McLachlan & Brown, 2006).

Apesar de sua importância, os poucos estudos desenvolvidos no Brasil sobre este grupo meiofaunal tiveram forte viés taxonômico (Marcus, 1946; 1947; 1948; Westheide, 1974; Siewing, 1954; Santos & Silva, 1992/93). O panorama é ainda mais desolador em relação aos trabalhos ecológicos, não existindo qualquer análise dos padrões de variação espaço-temporal destes animais em função das variáveis ambientais ao longo da costa brasileira. Os poucos trabalhos realizados com tais enfoques tiveram como alvo outros grupos pertencentes à meiofauna, principalmente Nematoda (Medeiros, 1987; 1990; Netto *et al.*, 1999; Moellmann, 2003, Galluci & Netto, 2004). Apenas Esteves *et al.* (1995; 1997) avaliaram metodologicamente o desenho amostral e o processamento das amostras envolvendo a meiofauna.

Para as estimativas dos parâmetros descritores da meiofauna, Wells (1973), Somerfield *et al.* (2005), Higgins & Thiel (1988) e Netto (2006) recomendam amostradores cilíndricos entre dois e quatro centímetros de diâmetro de abertura. No caso específico dos poliquetas intersticiais, os métodos descritos são variados e focados principalmente na coleta de organismos vivos para identificação de espécies, recomendando em geral amostradores maiores do que quatro centímetros (Westheide, 1990; Villora-Moreno *et al.*, 1991; Villora-Moreno, 1997). Amostradores menores do que quatro centímetros resultam em um menor volume de sedimento a ser processado, menor custo laboratorial e tempo de triagem, enquanto amostradores maiores têm efeitos contrários. Neste contexto, torna-se fundamental uma avaliação da relação custo/benefício no caso de amostragens quali-quantitativas dos poliquetas intersticiais.

O presente trabalho teve como objetivo geral o desenvolvimento de protocolos otimizados de amostragem de poliquetas meiofaunais na zona de espraiamento e zona de surfe de praias arenosas expostas, usando como exemplos as praias do Estaleiro e Ilhota, no litoral de Santa Catarina. Como objetivos específicos, foram testados o amostrador mais adequado e o esforço amostral necessário, comparando corers de distintos diâmetros para uma estimativa mais exata e precisa da diversidade de poliquetas intersticiais.

A hipótese de nulidade do estudo é a de que amostradores de distintos diâmetros seriam igualmente eficientes para a estimativa de parâmetros das associações de poliquetas. A partir do teste desta hipótese foi estabelecido o número de réplicas necessárias para uma melhor representatividade e confiabilidade na estimativa da riqueza, abundância relativa e densidade das associações locais de poliquetas. Trabalhos dessa natureza podem ser a base para a eventual adoção e padronização de métodos de coleta mais acurados e precisos.

## Metodologia

### Área de estudo

As praias da Ilhota ( $27^{\circ}04' S$  e  $48^{\circ}35' W$ ) e Estaleiro ( $27^{\circ}01' S$  e  $48^{\circ}34' W$ ) estão localizadas no litoral centro-norte do Estado de Santa Catarina (Figura 1). Apesar de caracterizadas como expostas e dominadas por ondas, podem apresentar estágios morfodinâmicos distintos (Klein & Menezes, 2001). A Praia de Estaleiro apresenta estágio morfodinâmico reflectivo, com alto grau de declividade, sedimentos mais grossos, ausência de barras arenosas e consequentemente de zona de surfe. A Praia da Ilhota apresenta estágio morfodinâmico intermediário, com menor grau de declividade, sedimentos de tamanho médio, presença de barras arenosas e zona de surfe (Klein & Menezes, 2001). O regime local é de micromarés de período semidiurno descontínuo com amplitude média de 0,8 m (Schettini *et al.*, 1999), chegando a 1.2 m de amplitude quando ocorrem marés meteorológicas (Carvalho *et al.* 1996; Schettini *et al.*, 1999).

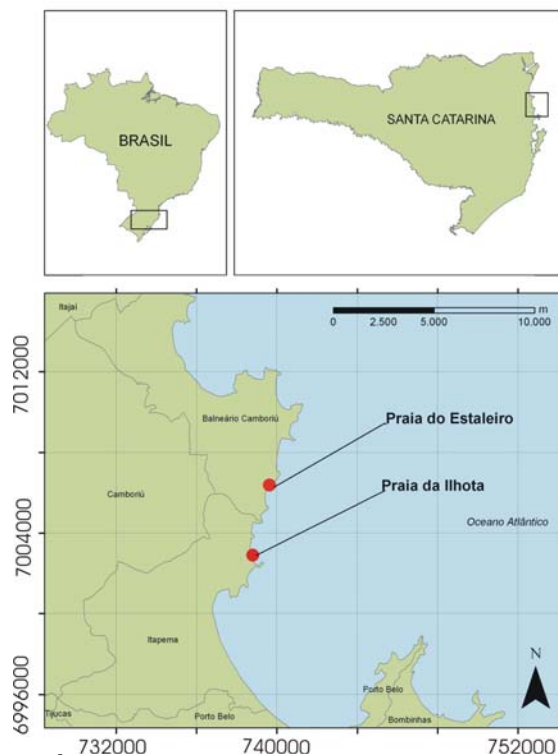
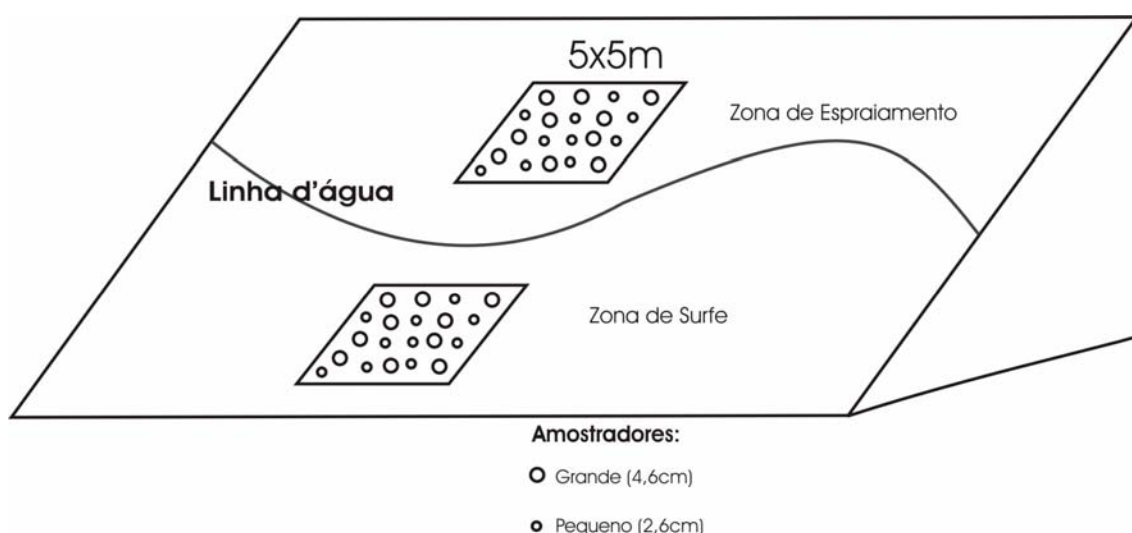


Figura 1. Área de estudo com localização dos locais de coleta (Praia do Estaleiro e Praia da Ilhota).

## Amostragem

As amostras foram coletadas nas praias de Estaleiro e Ilhota com dois corers de respectivamente 2,6 e 4,6 cm de diâmetro e 10 cm de altura. Dez réplicas distribuídas de forma uniforme numa área de 5x5 metros (25 m<sup>2</sup>) foram tomadas com cada amostrador, tanto na zona de espraiamento como na porção intermediária da zona de surfe (entre 1 e 1,5 m de profundidade), totalizando 80 amostras (Figura 2). A coleta foi realizada no período da manhã, durante maré baixa de sizígia.



**Figura 2. Desenho amostral usado nas praias de Estaleiro e Ilhota, com representação esquemática do esforço amostral e da linha d'água no pico da maré baixa de sizígia.**

As amostras foram acondicionadas em potes plásticos, etiquetadas e posteriormente acomodadas em uma caixa de isopor com gelo para relaxamento dos organismos. Em laboratório foram fixadas em solução de formol salino a 4% (Westheide, 1990).

Para análise quantitativa e extração dos poliquetas do sedimento, as amostras foram inicialmente lavadas através de peneira com 0,062 mm para a retenção da meiofauna. Após a lavagem, foi utilizado o método de flotação com solução de sílica coloidal Ludox TM 50, ajustada a uma gravidade específica de 1.15, para separação dos organismos por diferença de densidade (Somerfield *et al*, 2005; Higgins & Thiel, 1988).

Os organismos da meiofauna obtidos foram triados em placas de Petri galvanizadas e quadriculadas, sob microscópio estereoscópio. Foram retirados e contados somente os poliquetas intersticiais, identificados até o menor nível taxonômico possível com base na literatura pertinente (Amaral *et al.*, 2005; Marcus, 1946, 1948; Gray, 1969; Brown, 1981; Capaccioni *et al.*, 1989; Nordheim, 1989; Jing & Baoling, 1991; Jing *et al.*, 1991; Baoling & Jing, 1992; Jouin & Rao, 1987; Westheide, 1974, 1987, 1990, 1995).

### **Análise dos Dados**

Para a análise da acurácia e precisão das rotinas amostrais, foram selecionados parâmetros convencionalmente usados para descrever a estrutura das comunidades, como a média da densidade total de poliquetas por 10 cm<sup>2</sup>(Dt), a média do número de espécies (S), a média do índice de diversidade de Shannon-Wiener (nats/inds) e a média da equitatividade de Pielou (J') (Ricklefs & Miller, 1999). As maiores médias estimadas para a densidade total padronizada (Dt) e para o maior número de espécies registradas (S) foram escolhidas como as estimativas com melhor acurácia, com base nas premissas de que uma pessoa não poderá contar mais objetos do que aqueles existentes e de que superestimativas são pouco prováveis (Andrew & Mapstone, 1987).

Esses parâmetros foram comparados por métodos univariados e multivariados de análise dos dados para testar a hipótese de nulidade de que *“não há diferenças nas estimativas estatísticas dos amostradores para a caracterização estrutural das associações de poliquetas intersticiais em escala de metros”*.

A significância das diferenças entre os parâmetros descritores foi avaliada por meio de uma análise de variância trifatorial, considerando o tamanho do amostrador (pequeno e grande), nível praiado (zona de espraiamento e zona de surfe), as duas praias estudadas (Estaleiro e Ilhota) e suas interações como fontes de variação. A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Bartlett e aceita para  $p > 0,05$ . Quando necessário, os dados foram transformados para raiz quadrada (Underwood, 2001).

A precisão da amostragem foi calculada através do índice de precisão da média (P) para os parâmetros Dt, S, H', J' e densidades médias de todas as espécies ocorrentes em cada nível praial. O índice de precisão P é obtido a partir do índice de imprecisão (D),  $P = 1-D$ , onde  $D=EP/M$ , sendo EP o erro padrão e M a média (Andrew & Mapstone, 1987; Underwood & Chapman, 2005).

Métodos multivariados não paramétricos de análise de dados também foram usados na estimativa da precisão, aplicados com a utilização do *software* Primer 6.0. (Clarke & Warwick, 2001). A variabilidade das réplicas de um mesmo grupo amostral (Praia\*Nível\*Amostrador) foi comparada utilizando o “índice de dispersão multivariado” (IDM), proposto por Clarke & Warwick (1994) e re-interpretado por Somerfield & Clarke (1997), para examinar as diferenças entre métodos de amostragem na variabilidade intra-amstras, e pode ser interpretado como um estimador de “precisão” multivariada. O índice de escalonamento do IDM, chamado seqüência de dispersão multivariada, possui “dispersão média” igual a 1. Valores de dispersão acima de 1 indicam que o grupo amostral possui maior variabilidade do que a média, e valores de dispersão abaixo de 1 indicam um grupo com menor variabilidade.

Para ilustrar a variabilidade intra-amstral para cada amostrador, a matriz de abundância da fauna padronizada para 10 cm<sup>2</sup>, foi analisada por meio de uma análise de proximidade (MDS). A MDS foi aplicada sobre a matriz de similaridade calculada através do coeficiente de Bray-Curtis para os dois amostradores nos dois níveis de cada uma das praias. A matriz de similaridade foi calculada a partir de diferentes transformações (raiz quadrada, raiz quarta e presença/ausência). As diferentes transformações dos dados foram usadas para pesar as análises levando em conta as diferentes componentes do espectro de abundância da fauna. As transformações mais severas (presença/ausência > raiz quarta > raiz quadrada > nenhuma) diminuem o peso das espécies mais abundantes e aumentam o peso das espécies menos abundantes, conferindo maior peso à riqueza do que à abundância relativa das espécies. A significância das possíveis associações foi testada através de uma análise uni-fatorial de similaridade (ANOSIM) (Warwick & Clarke, 1991).

Definido o amostrador com maior acurácia e precisão (ver resultados), foi estimado o esforço amostral (n) necessário para estimar o total de espécies,



e melhor representar as medidas de abundâncias das populações de poliquetas meiofaunais. Com base no conceito de eficiência, os menores esforços que não comprometam a veracidade e confiabilidade dos resultados são os mais desejáveis, pois diminuem o custo e o tempo de processamento das amostras (Andrew & Mapstone, 1987).

O número mínimo de réplicas necessárias para estimar a diversidade total de poliquetas foi inferido a partir da construção e análise de curvas cumulativas de espécie-área para cada praia e nível. Para a estimativa dos menores erros estatísticos na mensuração das abundâncias, o  $n$  necessário foi estimado a partir da construção de curvas de desempenho da variância média padronizada (Mvarp). Considera-se  $Mvarp = \sum varp_1 + \dots + varp_i / n_i$ , sendo,  $varp_1 = \sigma^2 / n_1$ , onde,  $\sigma^2$  é a variância calculada para o grupo 1 e  $n$  é o número de réplicas do grupo 1;  $n_i$  é igual a 30, e corresponde o número de aleatorizações que cada grupo foi submetido. Foram considerados 8 grupos, correspondendo a amostras compostas por 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 réplicas. As curvas de Mvarp foram aplicadas para a abundância total e as abundâncias das populações dos poliquetas intersticiais mais representativos, em cada nível das praias de Estaleiro e Ilhota.

## Resultados

Na Praia do Estaleiro foram coletados 478 poliquetas, dos quais 366 com o amostrador de 4,6 cm e 112 com o de 2,6 cm. Na Praia da Ilhota foram coletados 1111 poliquetas, dos quais 821 com o amostrador de 4,6 cm e 290 com o de 2,6 cm. As espécies numericamente dominantes na zona de espraimento foram *Protodrilus* spp. e *Saccocirrus* spp., e na zona de surfe *Hesionides* sp., *Hesionura* sp. e *Pisione* sp. Dois indivíduos pertencentes à família Syllidae coletados com o amostrador de 4,6 cm, foram registrados apenas na zona de surfe de Ilhota (Tabela 1).

**Tabela 1. Número total e percentagem relativa de poliquetas intersticiais na zona de espraimento e na zona de surfe das praias de Estaleiro e Ilhota, considerando os dois tamanhos de amostradores (Ø4,6 e Ø2,6). *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp., *Hesionura* sp., *Pisione* sp., *Hesionides* sp. e Syllidae.**

Táxons	Estaleiro								Ilhota							
	Zona de Espraimento				Zona de Surfe				Zona de Espraimento				Zona de Surfe			
	Ø4,6		Ø2,6		Ø4,6		Ø2,6		Ø4,6		Ø2,6		Ø4,6		Ø2,6	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
<i>Protodrilus</i>	142	60,9	23	44,2	23	17,3	8	13,3	356	83,2	129	90,2	158	40,2	85	57,8
<i>Saccocirrus</i>	72	30,9	24	46,2	3	2,3			49	11,4	9	6,3	4	1,0	1	0,7
<i>Hesionura</i>	13	5,6	5	9,6	70	52,6	20	33,3	22	5,1	5	3,5	17	4,3	5	3,4
<i>Pisionide</i>	3	1,3			4	3,0	3	5,0					2	0,5	2	1,4
<i>Hesionides</i>	3	1,3			33	24,8	29	48,3	1	0,2			210	53,4	54	36,7
Syllidae													2	0,5		

A análise de variância trifatorial (ANOVA-fatorial) indicou diferenças significativas no número de espécies e no índice de diversidade entre os amostradores (Tabela 2).

As maiores médias de número de espécies e índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foram obtidas com o amostrador de 4,6 cm, que se mostrou, portanto, mais acurado. Para a média da densidade total foi observada diferença significativa apenas entre as praias, não sendo possível diferenciar os amostradores por sua maior ou menor acurácia (Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4)

A análise de variância não pode ser aplicada para a equitatividade de Pielou (J') devido à não homogeneidade das variâncias, devido ao excesso de zeros nas réplicas do amostrador de 2,6 cm.

Não foi observada diferença significativa na interação dos fatores para nenhum dos descritores. As diferenças observadas entre os amostradores podem ser explicadas independentemente da sua interação com os níveis e as praias.

**Tabela 2. Sumário da análise de variância trifatorial da densidade total, número de espécies e diversidade de poliquetas intersticiais considerando os fatores: Praia (GL=1), Nível praiial (GL=1) e Amostrador (GL=1), e a interação dos fatores (GL=1).**

Fatores	Densidade total (Dt)		Número de espécies (S)		H'Shannon	
	F	p	F	p	F	p
Praia	51,08	0,0000*	0,08	0,7747	6,67	0,0118*
Nível	1,62	0,2077	5,28	0,0244*	10,40	0,0019*
Amostrador	0,09	0,7699	33,03	0,0000*	14,34	0,0003*
Praia*Nível*Amostrador	0,42	0,5193	0,08	0,7747	0,72	0,3991

\* diferença significativa para  $p < 0,05$ .

Os índices de precisão calculados para Dt, S, H', J' e densidades populacionais dos poliquetas mostraram que o amostrador de 4,6 cm é mais preciso para a estimativa de medidas de tendência central e demais descritores ecológicos. A única exceção foi registrada na zona de surfe da Praia de Ilhota, onde as precisões das médias estimadas com o amostrador de 2,6 cm foram similares ao amostrador de maior tamanho (Tabelas 3 e 4)

**Tabela 3. Médias ( $\pm$  erro padrão) e precisão (%) das densidades populacionais de *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp., *Hesionura* sp., *Pisione* sp. *Hesionides* sp., da densidade total de poliquetas, do número de espécies (S), da equitatividade de Pielou (J') e da diversidade de Shannon-Wiener (H') para ambos os amostradores em cada nível praiial da Praia do Estaleiro.**

Espécies	Estaleiro							
	Zona de Espraçamento				Zona de Surfe			
	Ø4,6		Ø2,6		Ø4,6		Ø2,6	
	Média ( $\pm$ EP)	Precisão	Média ( $\pm$ EP)	Precisão	Média ( $\pm$ EP)	Precisão	Média ( $\pm$ EP)	Precisão
<i>Protodrilus</i>	14,2 ( $\pm$ 2,8)	80,17	2,3 ( $\pm$ 0,8)	63,88	2,3 ( $\pm$ 1,2)	46,93	0,8 ( $\pm$ 0,3)	63,68
<i>Saccocirrus</i>	7,2 ( $\pm$ 1,0)	85,69	2,4 ( $\pm$ 0,5)	77,43	0,3 ( $\pm$ 0,15)	49,08		
<i>Hesionura</i>	1,3 ( $\pm$ 0,3)	74,23	0,5 ( $\pm$ 0,4)	19,72	7 ( $\pm$ 1,9)	73,32	2 ( $\pm$ 0,5)	74,18
<i>Pisione</i>	0,3 ( $\pm$ 0,2)	28,85			0,4 ( $\pm$ 0,2)	44,72	0,3 ( $\pm$ 0,15)	49,08
<i>Hesionides</i>	0,3 ( $\pm$ 0,3)	0,00			3,3 ( $\pm$ 1,4)	58,83	2,9 ( $\pm$ 1,4)	52,76
Densidade total (Dt)	23,3 ( $\pm$ 3,3)	85,75	5,2 ( $\pm$ 1)	80,81	13,3 ( $\pm$ 3,3)	75,31	6 ( $\pm$ 1,6)	73,01
No. de espécies (S)	3 ( $\pm$ 0,15)	95,03	1,7 ( $\pm$ 0,3)	84,69	3,4 ( $\pm$ 0,3)	91,31	2,1 ( $\pm$ 0,3)	85,03
Equitatividade (J')	0,747 ( $\pm$ 0,04)	95,02	0,4 ( $\pm$ 0,1)	65,49	0,8 ( $\pm$ 0,06)	92,73	0,69 ( $\pm$ 0,1)	82,46
Diversidade (H')	0,82 ( $\pm$ 0,07)	90,95	0,35 ( $\pm$ 0,1)	62,53	0,92 ( $\pm$ 0,09)	90,01	0,65 ( $\pm$ 0,1)	81,21

**Tabela 4. Médias ( $\pm$  erro padrão) e precisão (%) das densidades populacionais de *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp., *Hesionura* sp., *Pisione* sp. *Hesionides* sp., da densidade total de poliquetas, do número de espécies (S), da equitatividade de Pielou (J') e da diversidade de Shannon-Wiener (H') para ambos os amostradores em cada nível praial da Praia da Ilhota.**

Espécies	Ilhota							
	Zona de Espraçamento				Zona de Surfe			
	Ø4,6		Ø2,6		Ø4,6		Ø2,6	
	Média ( $\pm$ EP)	Precisão	Média	Precisão	Média	Precisão	Média	Precisão
<i>Protodrilus</i>	35,6 ( $\pm$ 3,6)	89,77	12,9 ( $\pm$ 1,5)	88,30	15,8 ( $\pm$ 4,4)	71,87	8,5 ( $\pm$ 1,4)	83,43
<i>Saccocirrus</i>	4,9 ( $\pm$ 1,3)	72,38	0,9 ( $\pm$ 0,3)	69,23	0,4 ( $\pm$ 0,3)	23,62	0,1 ( $\pm$ 0,1)	0,00
<i>Hesionura</i>	2,2 ( $\pm$ 1,5)	29,32	0,5 ( $\pm$ 0,3)	46,25	1,7 ( $\pm$ 0,5)	68,32	0,5 ( $\pm$ 0,3)	31,69
<i>Pisione</i>					0,2 ( $\pm$ 0,1)	33,33	0,2 ( $\pm$ 0,2)	0,00
<i>Hesionides</i>	0,1 ( $\pm$ 0,1)	0,00			21 ( $\pm$ 9,7)	53,55	5,4 ( $\pm$ 2,4)	55,21
Densidade total (Dt)	42,8 ( $\pm$ 4,9)	88,57	14,3 ( $\pm$ 1,4)	90,44	39,3 ( $\pm$ 8,9)	77,25	14,7 ( $\pm$ 2,4)	83,87
No. de espécies (S)	2,8 ( $\pm$ 0,2)	91,58	2 ( $\pm$ 0,3)	85,86	3,2 ( $\pm$ 0,2)	92,20	2,4 ( $\pm$ 0,2)	90,79
Equitatividade (J')	0,46 ( $\pm$ 0,07)	85,87	0,34 ( $\pm$ 0,1)	71,53	0,62 ( $\pm$ 0,07)	89,04	0,64 ( $\pm$ 0,06)	90,59
Diversidade (H')	0,45 ( $\pm$ 0,08)	81,64	0,32 ( $\pm$ 0,1)	68,49	0,68 ( $\pm$ 0,07)	89,50	0,55 ( $\pm$ 0,08)	85,41

As dispersões intra-amostras tomadas com o amostrador de 2,6 cm foram muito mais variáveis (Figura 3 e 4, Tabela 5). Os valores de dispersão, ilustradas também pela análise de proximidade, foram fortemente afetados pelas diferentes transformações empregadas. No caso da zona de espraçamento da Praia do Estaleiro, onde foi registrada a maior variabilidade para o amostrador de 2,6 cm, os valores de dispersão diminuíram com a severidade da transformação (presença/ausência > raiz quarta > raiz quadrada). Por outro lado, na zona de surfe da Praia do Estaleiro e no espraçamento da Praia da Ilhota, os valores de dispersão para o amostrador de 2,6 cm aumentaram com a severidade da transformação. Na zona de surfe da Praia da Ilhota, o amostrador de 4,6 cm evidenciou variabilidade similar ao amostrador de menor diâmetro, e os valores de dispersão também aumentaram com a severidade das transformações.

A ANOSIM evidenciou diferenças significativas entre as associações de poliquetas estimadas a partir dos dois tamanhos de amostrador quando consideradas as transformações dos dados da matriz de abundância da fauna de poliquetas intersticiais (Tabela 6, Figuras 3 e 4). As transformações diminuíram o peso das espécies com maiores abundâncias relativas, que são proporcionalmente bem amostradas por ambos os amostradores, e evidenciaram diferenças na estimativa da riqueza de espécie entre os amostradores.

**Tabela 5. Valores da sequência de dispersão multivariada calculada para os dados de abundância de poliquetas intersticiais considerando as diferentes transformações.**

Trasformação	Estaleiro				Ilhota			
	Espraçamento		Zona de surfe		Espraçamento		Zona de surfe	
	Ø2,6	Ø4,6	Ø2,6	Ø4,6	Ø2,6	Ø4,6	Ø2,6	Ø4,6
Nenhuma	1,26	0,74	1,14	0,86	1,02	0,98	0,87	1,13
Raiz quadrada	1,26	0,74	1,2	0,8	1,11	0,89	0,88	1,12
Raiz quarta	1,25	0,75	1,22	0,78	1,16	0,84	0,85	1,15
Presença/ausência	1,2	0,8	1,22	0,78	1,19	0,81	0,82	1,17

**Tabela 6. Resultados do teste global (Global R e p) obtidos pela ANOSIM uni-variada para as diferenças entre os diferentes tamanhos de amostrador, considerando diferentes transformações.**

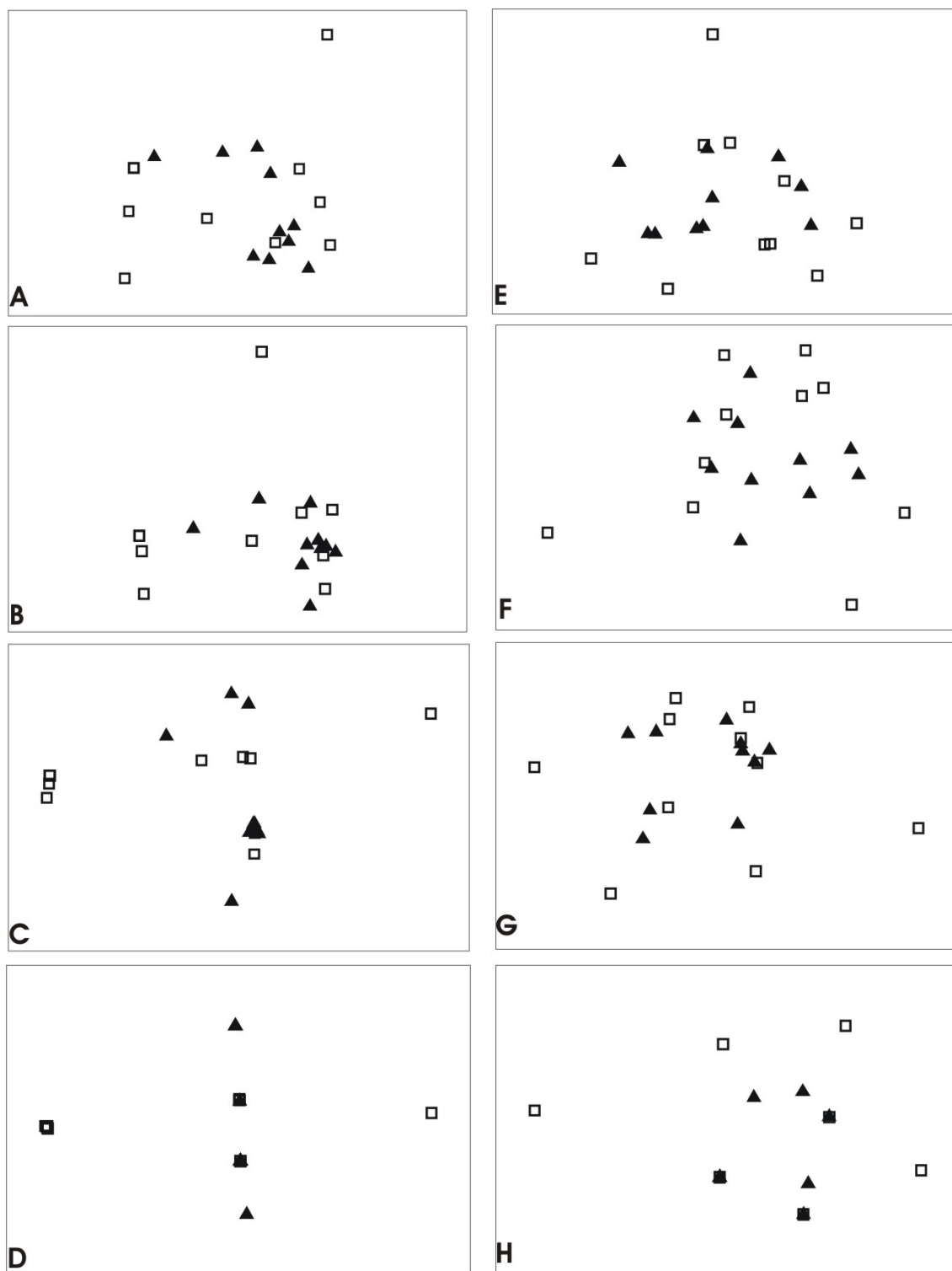
Trasformação	Estaleiro				Ilhota			
	Espraçamento		Zona de surfe		Espraçamento		Zona de surfe	
	R	p	R	p	R	p	R	p
Nenhuma	0,053	0,14	0,055	0,174	-0,031	0,653	0,039	0,221
Raiz quadrada	0,126	0,05	0,084	0,128	0,006	0,359	0,085	0,113
Raiz quarta	0,187	0,018	0,065	0,127	0,079	0,139	0,127	0,043
Presença/ausência	0,257	0,003	0,034	0,241	0,122	0,087	0,165	0,023

As melhores estimativas da precisão foram observadas para o amostrador de 4,6 cm, para a densidade total, número de espécie; densidades populacionais e dispersão multivariada intra-amostras. Sendo a exceção a zona de surfe da praia da Ilhota, onde as precisões são similares.

Para o amostrador mais acurado e de maior precisão (diâmetro de 4,6 cm) foram analisadas as curvas cumulativas do número de espécies por área e de desempenho da variância média padronizada. Estas tenderam a estabilizar com 4 a 6 réplicas na zona de surfe da Praia do Estaleiro e com 6 a 8 réplicas na zona de surfe da Praia da Ilhota. Na zona de espraçamento das Praias do Estaleiro e da Ilhota, não foi registrada estabilização evidente das curvas (Figura 5). Porém, a variação no número de espécies a serem encontradas considerando 5 ou 10 amostras foi sempre menor que uma espécie.

Da mesma forma, as curvas de desempenho da variância média padronizada tenderam a se estabilizar a partir da sexta réplica, com o erro padrão diminuindo a partir da quinta réplica (Figuras 6 e 7).

A partir da interpretação de ambas as curvas, foram feitas comparações relativas ao esforço ideal para amostrar de maneira mais eficiente a riqueza e a abundância das associações de poliquetas intersticiais. Um esforço com menos de 5 réplicas é inadequado para a representatividade e confiabilidade dos resultados a serem estimados, sujeitos á influência de erros sistemáticos e a maiores erros estatísticos.



**Figura 3. Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da fauna de poliquetas intersticiais coletados na Praia do Estaleiro com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro (triângulos pretos) e 2,6 cm (quadrados brancos), na zona de espraçamento (A, B, C, D) e na zona de surfe (E, F, G, H), utilizando diferentes transformações dos dados: (A) e (E) nenhuma (stress=0,09) e (stress= 0,15); (B) e (F) raiz quadrada (stress= 0,1) e (stress=0,16); (C) e (G) raiz quarta (stress=0,06) e (stress=0,12); (D) e (H) presença/ausência (stress=0) e (stress=0,05).**

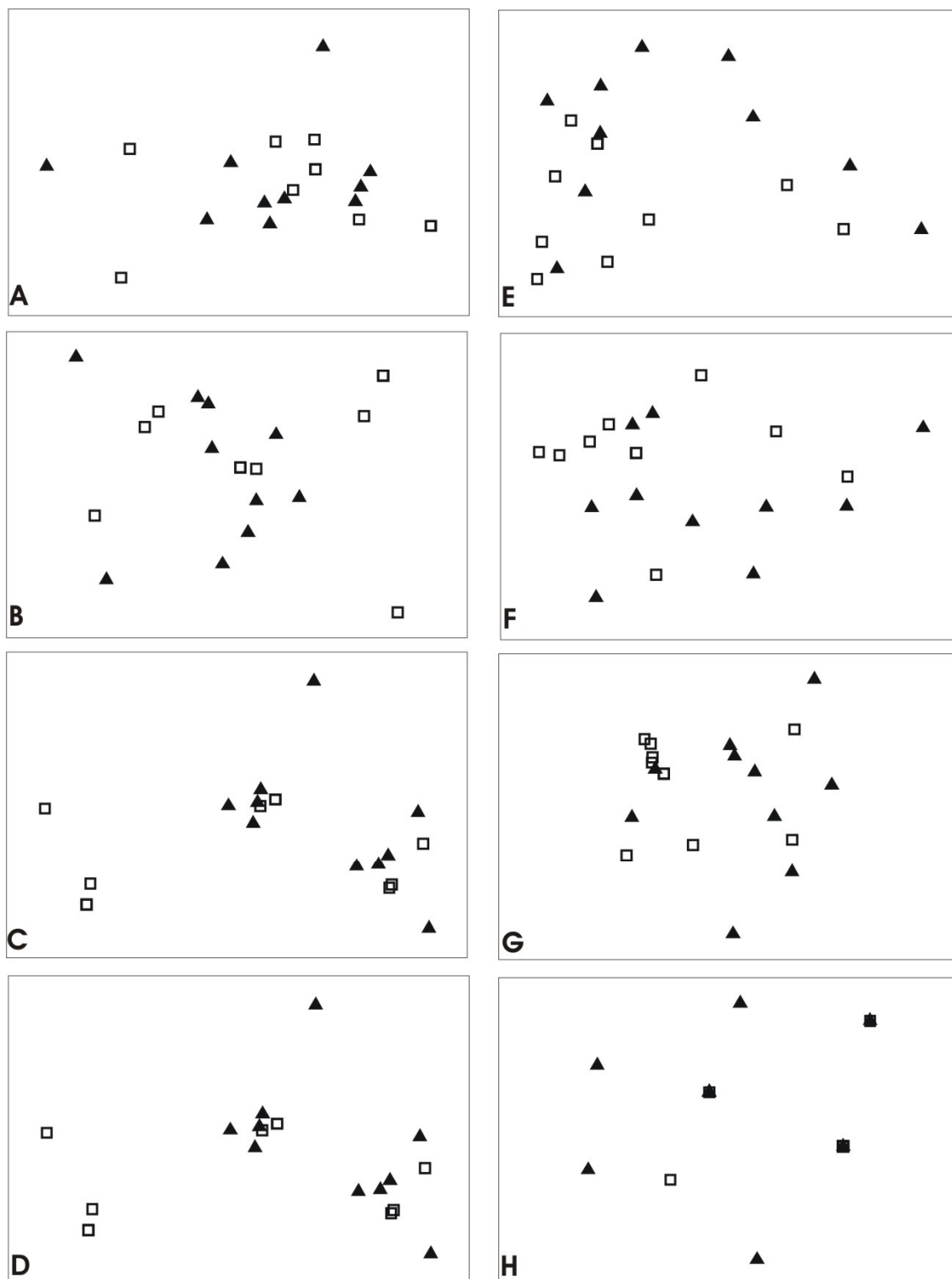


Figura 4. Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de abundância da fauna de poliquetas intersticiais coletados na Praia da Ilhota com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro (triângulos pretos) e 2,6 cm (quadrado branco), para a zona de espraio (A, B, C, D) e zona de surfe (E, F, G, H), utilizando diferentes transformações dos dados: (A) e (E) nenhuma (stress=0,06) e (stress= 0,05); (B) e (F) raiz quadrada (stress= 0,1) e (stress=0,13); (C) e (G) raiz quarta (stress=0,05) e (stress=0,13); (D) e (H) presença/ausência (stress=0) e (stress=0,01).

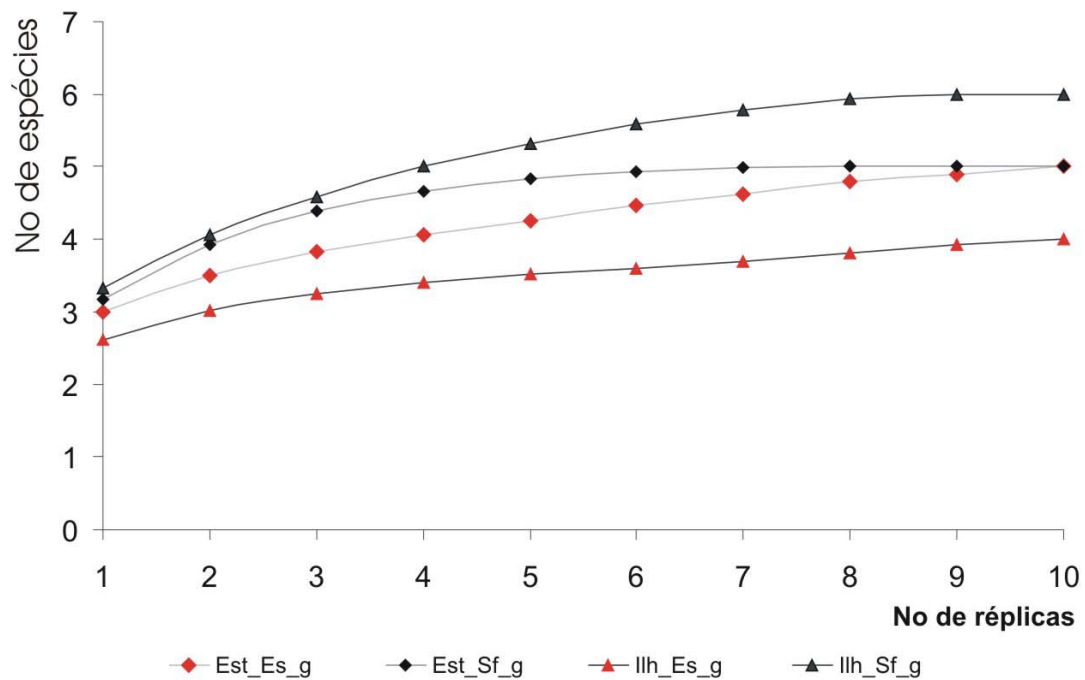


Figura 5. Curvas cumulativas do número de espécies por área obtidas com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro na zona de espraimento (vermelho) e zona de surfe (preto) na Praia do Estaleiro (losangos), e na da Praia da Ilhota (triângulos).

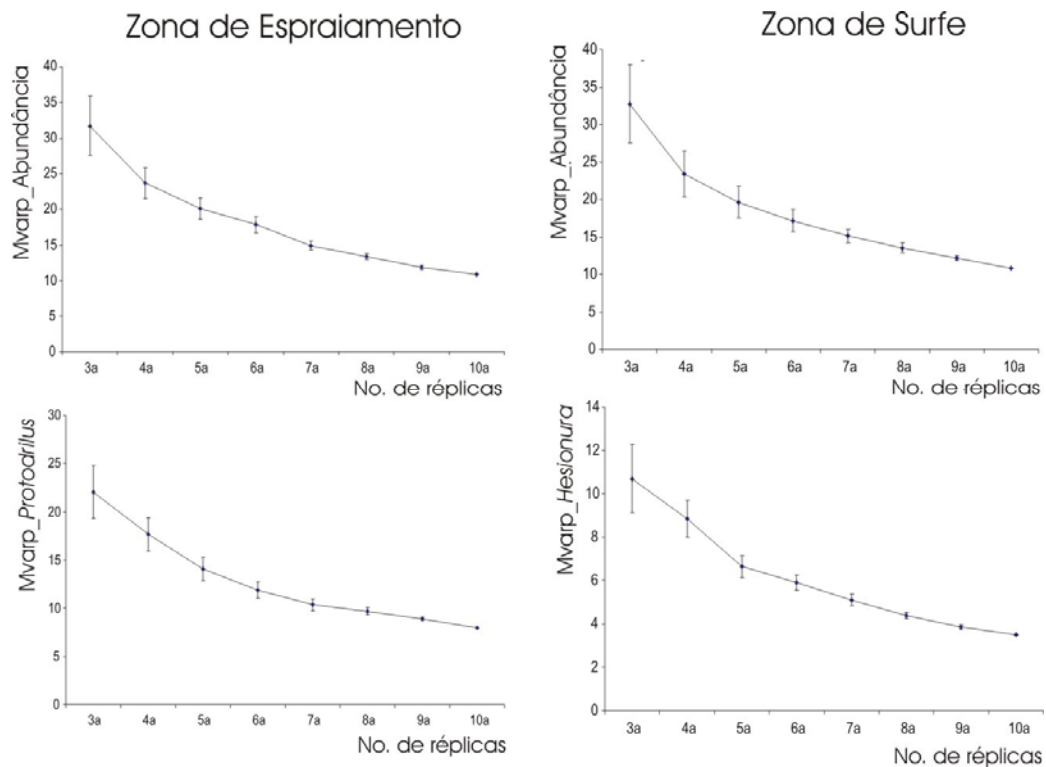
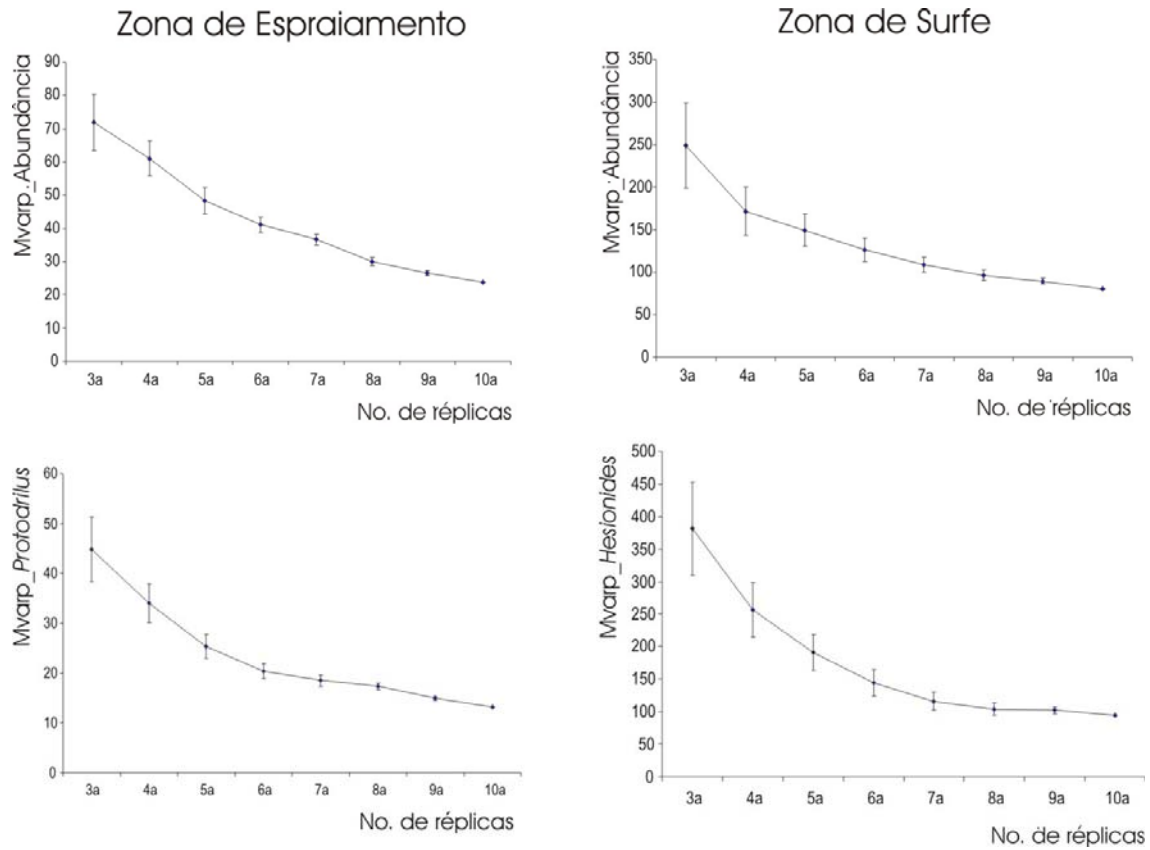


Figura 6. Curvas de desempenho da variância média padronizada ( $n=30$ ) obtida com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro na zona de espraimento e na zona de surfe da Praia do Estaleiro, considerando: abundância total de poliquetas intersticiais, abundância de *Protodrilus* spp. no espraimento; abundância de *Hesionura* sp. na zona de surfe. Erro-padrão indicado por barras.





**Figura 7.** Curvas de desempenho da variância média padronizada ( $n=30$ ) obtida com o amostrador de 4,6 cm de diâmetro na zona de espraimento e na zona de surfe da Praia da Ilhota, considerando: abundância total de poliquetas intersticiais, abundância de *Protodrilus* spp. no espraimento; abundância de *Hesionides* sp. na zona de surfe. Erro-padrão indicado por barras.

## Discussão

Avaliações qualitativas e quantitativas da estrutura de comunidades bênticas requerem estimativas amostrais acuradas e precisas (Andrew & Mapstone, 1987; Underwood & Chapman, 2005;). As diferentes características sedimentológicas e hidrodinâmicas dos fundos marinhos, assim como as interações biológicas que ali se estabelecem, são determinantes dos melhores aparelhos de coleta e das escalas e esforços amostrais ideais para estudos desta natureza (Fleeger & Decho, 1987; Somerfield & Clarke, 1997, Somerfield *et al*, 2005).

A hipótese de que as médias estimadas pelos dois amostradores não diferem significativamente entre si foi refutada, pois as estimativas das médias da riqueza e diversidade obtidas com amostras tomadas com o corer de 4,6 cm de diâmetro foram maiores. Porém, sabe-se que amostradores de tamanhos distintos podem ser igualmente eficientes para estimar as densidades médias populacionais de organismos meiofaunais (Gray, 1973; Somerfield & Clarke, 1997). A razão entre as áreas dos amostradores empregados neste estudo foi de 1:3,13, mas, as médias das densidades de poliquetas padronizadas para 10 cm<sup>2</sup> não diferiram significativamente.

Partindo da premissa de que uma pessoa não poderá contar mais espécies do que aquelas existentes e de que superestimativas são pouco prováveis (Andrew & Mapstone, 1987), os valores de riqueza da fauna de poliquetas intersticiais tomadas com o amostrador de 4,6 podem ser considerados mais acurados do que os valores de riqueza estimados com amostras tomadas com o amostrador de 2,6 cm.

. Os índices de precisão e dispersão multivariada deixaram evidente que o amostrador de maior diâmetro é mais confiável para estimativas de diversidade dos poliquetas intersticiais em ambas as praias e níveis mareais. Apenas na zona de surfe da Praia de Ilhota a precisão nas estimativas dos dois amostradores se mostrou similar.

Esses resultados podem ser atribuídos à heterogeneidade do ambiente intersticial e consequentemente ao número de microhabitats formados. Estudos nas praias do Atlântico Norte sugerem que as maiores abundâncias e diversidade de poliquetas intersticiais ocorrem em praias expostas com maior

heterogeneidade sedimentológica (Delgado *et al.*, 2003; Villora-Moreno *et al.*, 1991; e Villora-Moreno, 1997). A Praia do Estaleiro, com sedimentos mais grossos (Klein & Menezes, 2001), poderia suportar maior diversidade de poliquetas intersticiais distribuídos de forma agrupada dentro do heterogêneo espaço intersticial (Villora-Moreno, 1997), o que causaria uma subestimativa dos descritores com o amostrador de menor resolução escalar (2,6 cm).

Considerando-se o esforço amostral ideal para uma área de 25 metros quadrados, menos do que cinco réplicas com o amostrador de maior diâmetro são insuficientes para estimativa dos descritores de associações de poliquetas meiofaunais. Mais de seis réplicas se refletiriam em alta precisão, mas ao mesmo tempo acarretariam custos excessivos para o estudo de padrões ecológicos das comunidades meiobênticas (Esteves *et al.*, 1995; 1997, Kennedy & Jacoby, 1999). Por outro lado, menos do que seis réplicas seriam insatisfatórias para a análise de descritores populacionais ou ecológicos.

Os presentes resultados exemplificam bem o conceito de que a relação custo-benefício deve ser sempre considerada em estudos ecológicos (Andrew & Mapstone, 1987; Esteves *et al.*, 1995; 1997; Underwood & Chapman, 2005). A otimização de protocolos e a realização de estudos pilotos para melhores delineamentos amostrais parecem essenciais para se atingir uma maior eficiência na alocação de recursos humanos e materiais, minimizando os decréscimos na precisão e/ou evitando imposições por custo ou limitações logísticas (Andrew & Mapstone, 1987).

Outro ponto chave na discussão de amostragens eficazes das associações biológicas diz respeito às resoluções escalares dos processos físicos, químicos e geológicos que estariam influenciando a distribuição e ocorrência dos organismos (Kemp *et al.*, 2001; Schneider, 2001). No presente estudo, a eficiência de amostragem foi testada para uma resolução escalar de metros, concluindo-se que sejam tomadas no mínimo 6 réplicas com um cilindro de 4,6 cm de diâmetro para uma resolução escalar de no máximo 25 metros quadrados em cada nível praial. Considerando que as interações biológicas com o ambiente ocorrem em múltiplas escalas e que sua correta interpretação depende de análises multi-escalares (Schneider, 2001; Schoeman *et al.*, 2003; Li *et al.*, 1997), a abordagem amostral deverá ser repetida se ampliada a escala espaço-temporal dos processos ecológicos abordados.

Agradecimentos: Ao programa de pós-graduação em Ciências Biológicas – Zoologia da Universidade Federal do Paraná e à CAPES pela bolsa de mestrado. Aos Drs. Tito C. M. de Almeida, Sérgio Netto, Orlei Negrello-Filho e Mauricio Camargo pelos valiosos comentários críticos. A Dra. Cinthya S. G. dos Santos e à bióloga Verônica M. de Oliveira pelo auxílio na identificação dos poliquetas. A UNIVALI pelas facilidades logísticas para a coleta.

## Referências

- ANDREW, N.L.; MAPSTONE, B.D. Sampling and description of spatial pattern in marine ecology. **Oceanography and Marine Biology. An Annual Review**, 25: 39-90. 1987.
- AMARAL A. C. Z.; RIZZO, A. E.; ARRUDA, E. P. *Manual de Identificação dos Invertebrados Marinhos da Região Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.
- BROWN, R. Saccocirridae (Annelida: Archiannelida) from the Central Coast of New South Wales. **Australian Journal of Marine & Freshwater Research**, 32: 439-456. 1981.
- BAOLING, W.; JING, Z. Preliminary studies on species of Hesionidae (Polychaeta) from Yellow Sea. **Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas**, 10: 36:41. 1992
- BORG, J.A.; ATTRILL, M.J.; ROWDEN, A.A.; SCHEMBRI, P.J.; JONES, M.B. A quantitative technique for sampling motile macroinvertebrates in beds of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. **Scientia Marina**, 66(1): 53-58. 2002.
- CAPACCIONI, R.; VILLORA, S.; TORRES, J. *Hesionura coineau* (LAUBIER, 1962) y *Hesionides gohari* Hartmann-Schröder, 1960 (ANNELIDA POLYCHAETA) en el meiobentos de las playas de arena del Golfo de Valencia. **Acta IX Reunion Bienal de la R.S.E.H.N**: 11-19. 1989.
- CARVALHO, J.L.B.; KLEIN, A.H.F.; SCHETTINI, C.A.F.; JABOR, P.M. Marés meteorológicas em Santa Catarina: influência do vento na determinação de parâmetros de projetos para obras costeiras. In: PROCEEDINGS OF III SIMPÓSIO SOBRE OCEANOGRAFIA, São Paulo. 1996. p. 380.
- CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. *Change in Marine Communities: an Approach to Statistical analysis and Interpretation*. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 1994.
- CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. *Change in Marine Communities: an Approach to Statistical analysis and Interpretation*. 2ed. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory. 2001.
- COULL, B.C.; PALMER, M.A. Field experimentation in meiofaunal ecology. **Hydrobiologia**, 118: 1-19. 1984.
- DELGADO, J. D.; NÚÑEZ, J.; RIERA, R.; MONTERROSO, Ó. Abundance and diversity patterns of annelids from intertidal sandy beaches in Iceland. **Hydrobiologia**, 496: 311-319. 2003.
- ESTEVES, A.M.; ABSALÃO, R.S.; SILVA, V.M.A.P. Padronização e avaliação da eficiência do método de flotação na extração da meiofauna em uma praia de

areia grossa (Praia Vermelha, RJ). **Publicação especial do Instituto Oceanográfico**, 11: 223-227. 1995.

ESTEVES, A.M.; ABSALÃO, R.S.; SILVA, V.M.A.P. The importance of cost-effectiveness sampling in the study of intertidal sandy beach meiofauna. **Tropical Ecology**, 38 (1): 47-53. 1997.

FLEEGER, J.W.; DECHO, A.W. Spatial variability of interstitial meiofauna: a review. **Stygologia**, 3: 35-54. 1987.

GALLUCI, F.; NETTO, S.A. Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an ecosystem approach. **Marine Ecology Progress Series**, 281:79-92. 2004.

GIERE, O. *Meiobenthology: the microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin, 1993.

GOBIN, J. F.; WARWICK, R.M. Geographical variation in species diversity: a comparison of marine polychaetes and nematodes. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 330: 234-244. 2006.

GRAY, J.S. A new species of *Saccocirrus* (Archiannelida) from the West Coast of North America. **Pacific Science**, 23: 238-251. 1969.

GRAY, J. S. Sample size and sample frequency in relation to the quantitative sample of sand meiofauna. **Smithsonian Contributions to Zoology**, 76: 191-197. 1973.

HIGGINS, R.P; THIEL, H. *Introduction to the Study of Meiofauna*. London: Smithsonian Institution Press, 1988.

JING, Z.; BAOLING, W. A new species of interstitial polychaete *Hesionura shandongensis* sp. n. (POLYCHAETA, PHYLLODOCIDAE) from Yantai, the Huanghai Sea. **Acta Oceanologica Sinica**, 10: 447-450. 1991.

JING, Z.; WESTHEIDE, W.; BAOLING, W. A new interstitial species of the genus *Pisione* (POLYCHAETA: PISIONIDAE) from Yellow Sea, China. **Oceanologia et Limnologia Sinica**, 22: 304-308. 1991.

JOUIN, C.; RAO, G.C. Morphological studies on some Polygordiidae and Saccocirridae (Polychaeta) from the Indian Ocean. **Cahiers de Biologie Marine**, 28: 389-402. 1987.

KEMP, W. M.; PETERSEN J.E.; GARDNER, R.H. Scale-Dependence and the problem of extrapolation: Implications for experimental and natural coastal ecosystems. In: GARDNER, R.H; KEMP, W. M.; KENNEDY, V.S.; PETERSEN J.E. *Scaling Relations in Experimental Ecology*. New York, Columbia University Press. 2001. p. 3-47

KENNEDY, A.D.; JACOBY, C.A. Biological indicators of marine environmental health: Meiofauna – a neglected benthic component? **Environmental Monitoring and Assessment**, 54: 47–68. 1999.

KLEIN, A.H.F.; MENEZES, J.T. Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. **Journal of Coastal Research**. 17(4): 812-835. 2001.

KOTWICK, L.; SZYMELFENIG, M.; TROCH, M.; URBAN-MALINGA, B.; WESLAWSKI, J.M. Latitudinal biodiversity patterns of meiofauna from sandy littoral beaches. **Biodiversity and Conservation**, 14: 461-474. 2005.

LEE, M.R.; CORREA, J.A. Copper mine tailings disposal: consequences for the interstitial polychaete *Saccocirrus sonomacus* (Canalipalpata: Protodrilida). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 84, 603-606. 2004.

LI, J.; VINCX, M.; HERMAN, P.M.J.; HEIP, C. Monitoring meiobenthos using cm-, m- and km-scales in the Southern Bight of the North Sea. **Marine Environmental Research**, 43:265-278. 1997.

MARCUS, E.D.B.R. On a New Archeannelid, *Saccocirrus gabriellae*, from Brazil. **Comunicaciones Zoológicas del Museu de Historia Natural de Montevideo**. 37(2):1-11. 1946.

MARCUS, E.D.B.R. *Nerilla mediterranea* from Brazil. **Comunicaciones Zoológicas del Museu de Historia Natural de Montevideo**, 45(2):1-6. 1947.

MARCUS, E.D.B.R. Further archiannelids from Brazil. **Comunicaciones Zoológicas del Museu de Historia Natural de Montevideo**, 48(II):1-27. 1948.

MAURI, M.; BARALDI, E.; SIMONINI, R. Effects of zinc exposure on the polychaete *Dinophilus gyrociliatus*: a life-table response experiment. **Aquatic Toxicology** 65(1): 93-100. 2003.

McLACHLAN, A.; BROWN, A.C. *The Ecology of Sandy Shores*. 2ed. Amsterdam, Elsevier, 2006.

MEDEIROS, L.R.A. Conhecimento sobre meiobentos no Brasil e relato de um caso da costa sudeste-sul brasileira: Síntese de conhecimentos. **Publicações. Aciesp** No. 54: 348-379. 1987.

MEDEIROS, L.R.A. Meiofauna de praias arenosas marinhas. **Publicações Aciesp**, 71 (4): 160-196. 1990.

MOELLMANN, A. *Variação espacial e temporal da meiofauna de duas praias arenosas do estado de São Paulo e efeito do turismo sobre a meiofauna e os nematoda no verão*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2003.

NETTO, S.A. Meiofauna. In: LANA, P.C.; BIANCHINI, A.; RIBEIRO, C.; NIENCHESKI, L.F.H.; FILLMANN, G.; SANTOS, C.S.G. *Avaliação ambiental de estuários brasileiros: aspectos metodológicos*. Rio de Janeiro, Museu Nacional. 2006. p. 148-150.

NETTO, S.A.; ATTRIL, M.J.; WARWICK, R.M., The effect of a natural water-movement related disturbance on the structure of meiofauna communities in the intertidal sand flat of Rocas Atoll (NE, Brazil). **Journal of Sea Research**, 42: 291-302. 1999.

NIPPER, M.; CARR, R.S. Recent advances in the use of meiofaunal polychaetes for ecotoxicological assessments. **Hydrobiologia**, 496: 347-353. 2003

NORDHEIM, H.Von. Six new species of *Protodrilus* (Annelida, Polychaeta) from Europe and New Zealand, with a concise presentation of the genus. **Zoologica Scripta**, 18: 245-268. 1989.

RICKLEFS, R.E.; MILLER, G.L. *Ecology*. 4 ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1999.

SANTOS, P.J.P.; SILVA, V.M.A.P. Macrochaeta westheidei n.sp., first record of Acrocirridae for the Brazilian coast (Annelida, Polychaeta). **Nerítica**, 7:7-12. 1992/93.

SCHETTINI, C.A.F.; CARVALHO, J.L.; TRUCCOLO, E. Aspectos hidrodinâmicos da enseada da Armação de Itapocoroy, SC. **Notas Técnicas da FACIMAR**, 3:99-109. 1999.

SCHNEIDER, D.C. Spatial Allometry: Theory and application to experimental and natural aquatic ecosystems. In: GARDNER, R.H.; KEMP, W.M.; KENNEDY, V.S.; PETERSEN J.E. *Scaling Relations in Experimental Ecology*. New York, Columbia University Press. 2001. p. 113-148.

SCHOEMAN, D.S.; WHEELER, M.; WAIT, M. The relative accuracy of standard estimators for macrofaunal abundance and richness derived from selected intertidal transect designs used to sample exposed sandy beaches. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 58S: 5-16. 2003.

SIEWING, R. Zur Verarbeitung von *Pisionidens indica* Aiyar and Alikunhi. **Kieler Meeresforsch**, 10: 81-83. 1954.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. *Introduction to Biostatistics*. 2ed. San Francisco: W. H. Freeman and Company. 1973.

SOMERFIELD, P.J.; CLARKE, K. R. A comparison of some methods commonly used for the collection of sublittoral sediments and their associated fauna. **Marine Environmental Research**. 43(3): 145-156.1997.



SOMERFIELD, P. J.; WARWICK, R. M.; MOENS, T. Meiofauna techniques. In: ELEFThERIOU, A.; MCINTYRE, A. *Methods for the study of marine benthos*. 3 ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

UNDERWOOD, A.; CHAPMAN, M.G. Design and Analysis in Benthic Surveys In: ELEFThERIOU, A.; MCINTYRE, A. *Methods for the study of marine benthos*. 3ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

UNDERWOOD, A. J. *Experiments in Ecology*. New York: Cambridge University Press. 2001.

VILLORA-MORENO, S; CAPACCIONI-AZZATI, R.; GARCIA-CARRASCOSA, A.M. Meiobenthos of sandy beaches from the Gulf of Valencia (Western Mediterranean): Ecology of interstitial polychaetes. **Bulletin of Marine Science**. 48(2): 376-385. 1991.

VILLORA-MORENO, S. Environmental heterogeneity and the biodiversity of interstitial polychaeta. **Bulletin of Marine Science**, 60(2): 494-501. 1997.

WARWICK, R.M.; CLARKE, K.R. A comparison of methods for analyzing changes in benthic community structure. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 71: 225-244. 1991.

WELLS, J.B.J. A brief review of methods of sampling the meiobenthos. **Smithsonian Contributions to Zoology**, 76: 183-186. 1973.

WESTHEIDE, W. Interstitielle Polychaete naus brasilianischen Sandstränden. **Mikrofauna des Meeresbodens**. 31: 1-16. 1974.

WESTHEIDE, W., The interstitial polychaete *Hesionides pettiboneae* n. sp. (HESIONIDAE) from the U.S. East Coast and its transatlantic relationship. **Biological Society of Washington**, 7: 131-139. 1987.

WESTHEIDE, W. *Polychaetes: Interstitial Families*. London: Publ. The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Science Association. 1990.

WESTHEIDE, W. *Pisione hartmannschroederiae* sp.n. (POLYCHAETA: PISIONIDAE) from Florida sand beach. **Mitt. Hamburger Zoological Museum Institute**, 92: 77-84. 1995.

**Padrões de ocorrência e distribuição de poliquetas intersticiais ao longo de um gradiente morfodinâmico de praias arenosas de Santa Catarina e Paraná (Brasil)**

**Resumo**

O presente estudo analisou os padrões de distribuição de poliquetas intersticiais ao longo de um gradiente morfodinâmico de seis praias arenosas expostas nos Estados de Santa Catarina e Paraná, nas condições de inverno e verão. Em cada um dos três transectos aleatórios de cada uma das praias foram determinados dois pontos amostrais, um localizado na zona de espraiamento e outro na zona de surfe. Em cada um dos pontos seis réplicas de sedimento foram coletadas com um cilindro de 4,6 cm de diâmetro interno enterrado a 10 cm no sedimento. A abundância e composição de poliquetas foram correlacionadas com as variáveis ambientais com uma Análise de Correspondência Canônica (CCA). A ANOVA-fatorial mostrou que a riqueza de táxons ( $F=30,2$ ;  $p<0,001$ ), densidade média ( $F=54,85$ ;  $p<0,001$ ) e diversidade de Shannon ( $F=23,85$ ;  $p<0,001$ ) foram significativamente maiores em praias reflectivas em ambas zonas hidrodinâmicas (zona de espraiamento e de surfe) e estações do ano. A composição das associações de poliquetas intersticiais foi significativamente correlacionada com a morfodinâmica praial ( $p<0,01$ ). As maiores abundâncias de *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp., *Heisonides* sp., *Hesionura* sp. e *Polygordius* sp. foram relacionadas com maior altura significativa de quebra de onda, maior declividade da face de praia e areia grossa. *Protodriloides* sp 1 e *Protodriloides* sp 2 foram correlacionados com maiores teores de carbonato e clorofila *a*. *Dinophylus* sp. foi correlacionado com zonas de surfe dissipativas e altas temperaturas. *Protodriloides* sp 1, *Protodriloides* sp 2 e *Dinophylus* sp. também foram correlacionados com areia fina. Associações de poliquetas de praias reflectivas foram mais diversas que outros tipos de praia. Praias intermediárias podem sustentar associações mais diversas devido à sazonalidade dos padrões morfodinâmicos. Praias que apresentam morfodinamismo dissipativo extremo com sedimento compactado parecem desfavorecer a ocorrência de poliquetas intersticiais.

Palavras chaves: Poliquetas intersticiais, ecologia de praias arenosas, morfodinâmica praial.

## Abstract

The present study analyzes the distribution patterns of interstitial polychaetes along a morphodynamic gradient made up by six exposed sandy beaches in the States of Santa Catarina and Paraná (S Brazil), in winter and summer conditions. In each of three random transects at each beach two points were determined, one at the swash and the other at the surf zone. At each point six sediment replicates were collected with a 4,6 cm internal diameter corer buried 10 cm into the sediment. Polychaete composition and abundance were correlated with environmental variables by a Canonical Correspondence Analysis (CCA). The factorial-ANOVA showed that taxa richness ( $F=30,2$ ;  $p<0,001$ ), average abundances ( $F=54,85$ ;  $p<0,001$ ) and Shannon diversity ( $F=23,85$ ;  $p<0,001$ ) were significantly higher in reflective beaches in both hydrodynamic zones (swash and surf zone) and time of the year. The composition of interstitial polychaete associations was significantly correlated with the beach morphodynamics ( $p<0,01$ ). *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp., *Heisonides* sp., *Hesionura* sp. and *Polygordius* sp. abundances were related with higher breaking waves, higher slope of beach face and coarser sand. *Protodriloides* sp 1, *Protodriloides* sp 2 were correlated with higher carbonate and chlorophyll *a* concentrations. *Dinophylus* sp. was correlated with dissipative surf zone and higher temperatures. *Protodriloides* sp 1, *Protodriloides* sp 2 and *Dinophylus* sp. also were correlated with fine sand. Polychaete associations from reflective beaches were more diverse than other beach types. Intermediate beaches can sustain more diverse associations, due to the seasonality of morphodynamic patterns. Conversely, extremely dissipative beaches with compacted sediment seem to disfavor the occurrence of interstitial polychaetes.

Key words: Interstitial polychaetes, ecology of sandy beaches, beach morphodynamics, southern Brazil.

## Introdução

A importância dos poliquetas intersticiais em praias arenosas vem sendo acentuada por muitos autores (Westheide, 1972, 1974, 1987, 1990; Villora-Moreno *et al.*, 1991; Villora-Moreno, 1997; Lee & Correa, 2004, Lee *et al.*, 2006).

A estrutura e a topografia das praias, ambientes muito dinâmicos, são determinadas basicamente pelas características granulométricas e processos hidrodinâmicos (clima de ondas, maré, correntes). O ajuste mútuo entre esses elementos é conhecido como Equilíbrio Morfodinâmico de ambientes costeiros (Wright & Thom, 1977; Hoefel, 1998). As praias podem ser classificadas segundo seus tipos morfodinâmicos em: “praias reflectivas” (praias com maior diâmetro de grão, ausência de zona de surfe, ondas ascendentes e frontais); “praias dissipativas” (praias com sedimentos mais finos, extensa zona de surfe, ondas deslizantes e correntes de circulação) e “praias intermediárias” que se encontram entre esses dois extremos, apresentando ondas megalhantes e deslizantes (Komar, 1998; Short, 1999).

A ocorrência e distribuição dos grupos meiofaunais dominantes em praias arenosas, como Nematoda e Copepoda, estão correlacionadas com a morfodinâmica praias, mas também com interações biológicas e com as alterações ambientais acarretadas por processos de urbanização e turismo (Medeiros, 1987; 1990; Moellmann & Corbisier, 2003; MacLachlan & Brown, 2006; Rodriguez *et al.*, 2003; Rodríguez, 2004; Souza-Santos *et al.*, 2003; Gheskiere *et al.*, 2005; 2006; Kotwick *et al.*, 2005; Moreno *et al.*, 2006; Silva, 2006).

Em termos gerais, a fauna intersticial de praias reflectivas é muito mais representativa do que a macrofauna e as bactérias. Seus ótimos ambientais em termos de diversidade e abundância se desenvolvem onde há um balanço ótimo entre a energia hidrodinâmica e o input de matéria orgânica. O excesso de matéria orgânica em praias fisicamente dinâmicas resulta em um empobrecimento da fauna, comumente observada em praias dissipativas (McLachlan & Brown, 2006). Apesar do amplo conhecimento sobre as correlações da fauna intersticial com a morfodinâmica de praias, não se sabe

ainda se estas mesmas correlações são evidentes para associações de poliquetas meiofaunais.

Maior diversidade e abundância de poliquetas meiofaunais são registradas em fundos de areia média e grossa (Villora-Moreno, 1997). Estes animais formam associações e obedecem a padrões de zonação razoavelmente definidos no mesolitoral e infralitoral (Westheide, 1972; Villora-Moreno *et al.*, 1991). Villora-Moreno (1997) sugeriu que quanto maior a heterogeneidade do ambiente intersticial maior será o número de microhabitats formados, suportando assim uma maior diversidade de poliquetas intersticiais. Lee & Correa (2004) e Lee *et al.* (2006) descreveram os efeitos físicos e químicos dos rejeitos de minas de cobre na sobrevivência de *Saccocirrus sonomacus* em praias do Chile. Deduziram através de testes de toxicidade que a redução dos espaços intersticiais pela presença do rejeito das minas é mais limitante para a sobrevivência do poliqueta do que a contaminação química pelo metal. Apesar de seu evidente interesse, esses estudos não desenvolveram análises correlativas sistemáticas entre as associações de poliquetas e os diferentes tipos morfodinâmicos de praias.

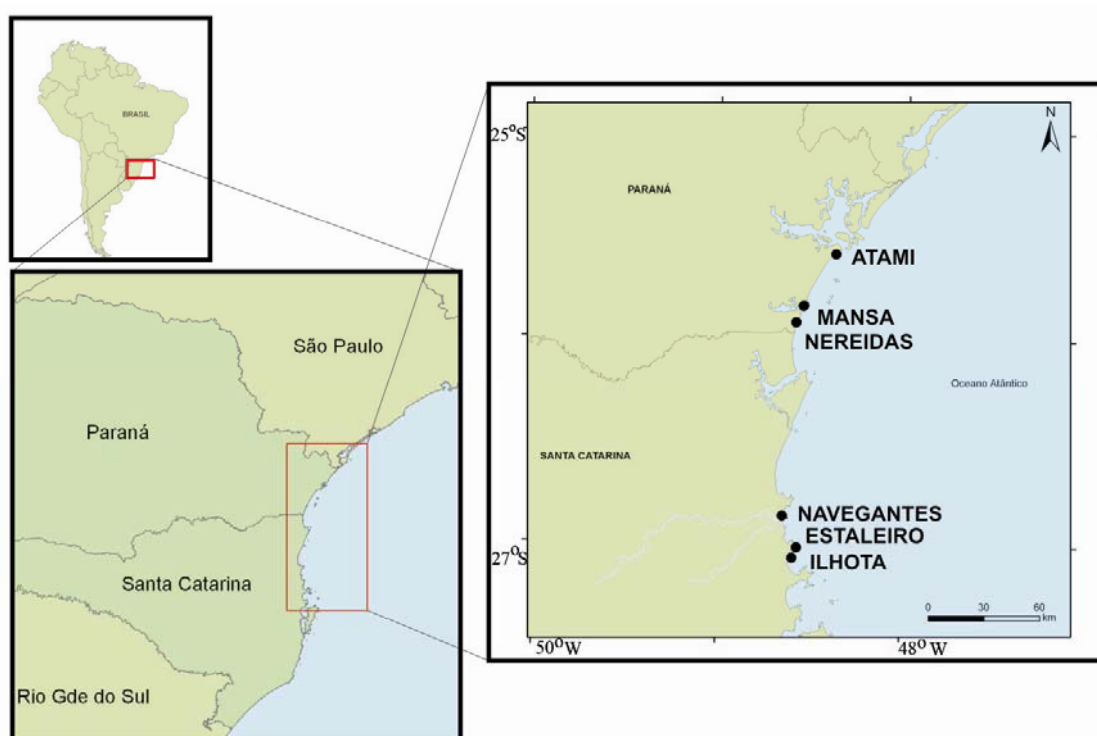
Todos os trabalhos sobre poliquetas intersticiais no Brasil têm caráter taxonômico, não existindo estudos sobre a biologia e ecologia de espécies locais. Westheide (1974) identificou sete espécies de poliquetas intersticiais em praias arenosas de São Paulo e Bahia. Marcus (1946; 1947; 1948) descreveu espécies de *Polygordius*, *Protodrilus*, *Nerilla*, *Dinophilus* e de Saccocirridae (*Saccocirrus pussicus* Marcus, 1948; e *S. gabriellae* Marcus, 1946). Siewing (1954) identificou o Pisionidae *Pisionidens indica*. Santos & Silva (1992/93) relataram a primeira ocorrência de um Acrocirridae (*Macrochaeta westheidei*) na costa brasileira.

Estudos sobre a morfodinâmica das praias ou sobre a ecologia da macrofauna em praias arenosas do litoral centro-norte de Santa Catarina e do Paraná evidenciam uma grande variedade de padrões morfológicos, hidrodinâmicos e granulométricos (Borzone *et al.*, 1996; 2003; Barros *et al.*, 2001, Klein & Menezes, 2001; Klein *et al.*, 2002; Hoefel, 1997; capítulo 1 deste trabalho), o que sugeriria uma correspondente diversidade e heterogeneidade das associações meiofaunais em geral e dos poliquetas intersticiais em particular.

O presente estudo descreve as associações de poliquetas intersticiais de praias arenosas do litoral centro-norte de Santa Catarina e do litoral do Paraná, correlacionando sistematicamente sua distribuição, riqueza e abundância com as características morfodinâmicas praiais. Com isto, pretende preencher lacunas importantes no conhecimento da biologia e ecologia destes organismos meiofaunais. Embora não tenha primariamente um cunho taxonômico, fornece informações preliminares sobre a identidade dos gêneros e espécies locais, como base para futuras descrições formais.

## Materiais e Métodos

As coletas foram feitas em seis praias arenosas ao longo de 160 km de costa dos estados do Paraná (PR) e Santa Catarina (SC). As praias foram pré-selecionadas de acordo com seus tipos morfodinâmicos, conforme trabalhos de Barros *et al.*(2001), Borzone *et al.* (1996), e Klein & Menezes (2001), compreendendo duas praias reflectivas, Mansa (Mns) e Estaleiro (Est), duas praias intermediárias, Nereidas (Ner) e Ilhota (Ilh) e duas praias dissipativas, Atami (Atm) e Navegantes (Nav) (Figura 1).



**Figura 1. Localização geográfica das seis praias estudadas.**

As coletas foram repetidas em cada praia no inverno (setembro-2005) e verão (fevereiro-2006), com a amostragem de três transectos por praia (1, 2 e 3), aleatorizados pela distância (entre 50 e 100 metros) e pelo sentido (Norte ou Sul), com dois pontos amostrais em cada transecto, um localizado na porção saturada do mesolitoral inferior sob influência do Espraimento (Es) de ondas, e outro localizado na porção intermediária da Zona de Surfe (Sf) (Figura 2). Em cada ponto foi delimitada uma área de 3 por 3 m, nas quais foram coletadas aleatoriamente 6 réplicas com auxílio de um tubo de PVC com 4,6 cm de diâmetro e 10 cm de altura, totalizando 36 réplicas por praia em cada

estação do ano (Figura 3). Os pontos localizados na porção intermediária da zona de surfe foram tomados na profundidade padronizada de 1,2 m, sempre em maré baixa de sizígia.

As amostras foram acondicionadas em potes plásticos, etiquetadas e posteriormente acomodadas em uma caixa de isopor com gelo para relaxamento dos organismos. Em laboratório as amostras foram fixadas em solução de formol salino a 4% (Westheide, 1990).

Para análise quantitativa e extração dos poliquetas do sedimento, as amostras foram inicialmente lavadas através de peneira com 0,062 mm para a retenção da meiofauna. Após a lavagem, foi utilizado o método de flotação com solução de sílica coloidal Ludox TM 50, ajustada a uma gravidade específica de 1.15, para separação dos organismos por diferença de densidade (Somerfield *et al*, 2005; Higgins & Thiel, 1988).

Os organismos da meiofauna obtidos foram triados em placas de Petri galvanizadas e quadriculadas, sob microscópio estereoscópio. Foram retirados e contados somente os poliquetas intersticiais, identificados a seguir até o menor nível taxonômico possível com base na literatura pertinente (Marcus, 1946, 1948; Gray, 1969; Brown, 1981; Capaccioni *et al.*, 1989; Nordheim, 1989; Jing & Baoling, 1991; Jing *et al.*, 1991; Baoling & Jing, 1992; Jouin, 1966; Jouin & Rao, 1987; Rouse & Pleijel, 2001; Westheide, 1974, 1987, 1988, 1990, 1995).

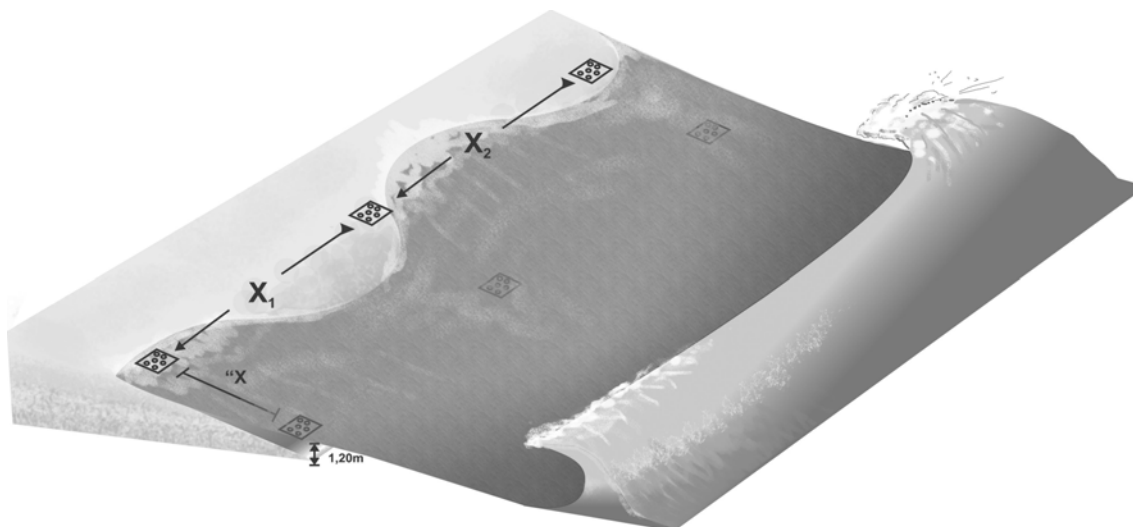
Medidas de salinidade, temperatura, granulometria e amostras de microfítobentos foram tomadas em 2 pontos amostrais de cada perfil, nas chamadas zona de espraiamento e zona de surfe, na mesma profundidade padronizada para as coletas referente a fauna. A temperatura foi obtida por meio de termômetro enterrado no sedimento e a salinidade com um refratômetro em cada ponto amostral. Para a análise granulométrica e dos teores de matéria orgânica e carbonatos foram coletadas duas amostras de sedimento com um amostrador manual de 4,6 cm de diâmetro, até 10 cm de profundidade em cada um dos pontos estabelecidos. As amostras foram processadas segundo metodologia descrita em Suguio (1973) para peneiramento em intervalos de 0,5 phi e pipetagem em intervalos de 1 phi. Os parâmetros granulométricos foram obtidos com o programa SysGran, versão 3.0 (Camargo, no prelo), pelo método de McCammon (1962). Para a



determinação do teor de carbonatos, uma fração da amostra do sedimento foi exposta à dissolução ácida com ácido clorídrico (HCl) a 10% de volume. O teor de matéria orgânica foi determinado pela queima em forno mufla a 800°C por oito horas de 5 gramas do material coletado. As determinações de permeabilidade foram baseadas em ensaios geotécnicos em tubos abertos de PVC (permeâmetro) segundo o método descrito por Caputo (1980), obtidas na região superior do mesolitoral, em cada um dos perfis.



**Figura 2.** Localização dos transectos (1, 2 e 3) amostrados nas Praias: Atami, Mansa, Nereidas, Navegantes, Estaleiro, Ilhota para o período de inverno (Inv) e verão (Ver); Fonte das imagens: Google<sup>TM</sup> Earth 4.0., Laboratório de Física Marinha (UFPR/CEM) e Laboratório de Geoprocessamento Costeiro (UFPR-CEM).



**Figura 3. Desenho amostral utilizado para amostragem dos poliquetas intersticiais nas seis praias estudadas. X1 e X2 indicando distâncias aleatórias entre perfis, “X” representando a variação das distâncias entre as amostras da zona de espraio e zona de surfe que é padronizada pela profundidade (1,2 m).**

Para a análise do microfitobentos em cada ponto amostral das 6 praias estudadas foram coletadas 3 amostras do centímetro superior do sedimento, amostrado com uma seringa de plástico de 2,5 cm de diâmetro por 1 cm de altura. As amostras foram acondicionadas em potes de plástico escuros e congeladas para posterior análise dos pigmentos. Para a extração dos pigmentos microfitobênticos (clorofila *a* e feopigmentos), foram adicionados 15 cm<sup>3</sup> de acetona 90 % nas amostras ainda congeladas. As amostras foram mantidas em freezer (-12 °C) por 24 horas. Em seguida, o sedimento foi separado da solução através da filtração em algodão. Os teores de clorofila *a* e feopigmentos foram determinados através das leituras das absorvâncias a 665 e 750 μm antes e após acidificação com HCl 2N em um espectrofotômetro. As concentrações de clorofila *a* e feopigmentos foram calculadas pela equação de Lorenzen (1967).

Dados de declividade da praia, altura de onda ( $H_b$ ), período de onda ( $T$ ), período de espraio de onda ( $T_s$ ), desnível do espraio, largura do espraio e largura da zona de surfe foram obtidos no próprio campo em cada um dos perfis. Os dados de temperatura do ar, pluviosidade, intensidade, direção e velocidade do vento foram obtidos nas estações meteorológicas de Pontal do Sul e Itajaí (Araújo, 2005; 2006) para ambas estações (inverno,

verão). A variação da maré astronômica foi acompanhada através do *software* disponível online WXTide32 versão 4.5 (Hopper, 2006).

As praias foram classificadas em seus diferentes estágios morfodinâmicos por meio da aplicação do cálculo do parâmetro de adimensional de velocidade de queda do grão (Dean, 1973) adaptado para praias naturais por Wright & Short (1984):  $\Omega = H_b / (W_s T)$ , onde,  $H_b$  é a altura significativa de quebra da onda;  $W_s$  é a velocidade de decantação do sedimento e  $T$  o período de onda. O tipo de quebra de onda e a características de dissipação de energia na zona de surfe foi calculado pelo *surf scaling parameter* ( $\epsilon$ ) (Guza & Inman, 1975), onde:  $\epsilon = a_b \omega^2 / g \tan^2 \beta$ , sendo  $a_b$  amplitude de quebra de onda,  $\omega$  a frequência de radiação de ondas ( $2\pi/T$ ),  $g$  a aceleração da gravidade e  $\beta$  a o gradiente da praia. A influência relativa da maré em relação a onda incidente foi calculada pelo *relative tide range* (RTR) (Masselink & Short, 1993), onde  $RTR = TR/H_b$ , sendo  $TR$  a amplitude de maré.

### **Análise dos dados**

Foram consideradas duas escalas espaciais de análise para descrever as tendências de variação das associações de poliquetas intersticiais. Uma primeira escala de dezenas de quilômetros foi adotada para testar a hipótese de que “as associações de poliquetas intersticiais não diferem entre as praias, considerando as variações morfodinâmicas de inverno e de verão”. A segunda, na escala de dezenas de metros, para testar a hipótese de que “as associações de poliquetas intersticiais não variam entre a zona de espraiamento e a zona de surfe de cada uma das praias, considerando suas variações morfodinâmicas longitudinais e entre o inverno e o verão”.

A significancia das diferenças da média do número de espécies ( $S$ ), da média de poliquetas por  $10 \text{ cm}^2$  ( $Dt$ ) e da média do índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H$ ) (nats/inds) considerando as variações espaço-temporais dentro de uma mesma praia foi avaliada por meio de uma análise de variância hierárquica (ANOVA-*nested*). Nesta análise foram considerados os transectos (1, 2 e 3) hierárquicos aos demais fatores (transecto (estação\*praia\*nível) como fonte potencial de variação. O teste de comparação múltipla de Tukey

(HSD) foi aplicado para detectar diferenças significativas entre a interação transecto(estação\*praia\*nível) ( $p < 0,05$ , Sokal & Rohlf, 1973). A significância das variações espaço-temporais de S, Dt e H entre a zona de espraiamento e a zona de surfe, as praias e as estações do ano (Inverno e verão) foi avaliada com uma análise de variância trifatorial (ANOVA-trifatorial). Foram considerados os fatores estação do ano (inverno e verão), praia (Estaleiro, Ilhota, Mansa, Nereidas, Navegantes e Atami), nível praial (zona de espraiamento e zona de surfe) e suas interações como fontes de variação espaço-temporal. A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Bartlett e aceita para  $p > 0,05$ . Quando necessário, os dados foram transformados para raiz quadrada ou  $\log(x+1)$  (Underwood, 2001).

Métodos multivariados não paramétricos de análises disponíveis no *software* Primer 6.0. também foram adotados (Clarke & Warwick, 2001). A matriz de abundância média dos gêneros de poliquetas intersticiais, transformada para raiz quarta, foi classificada abaixo da matriz de semelhança triangular usando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. A ordenação não-métrica das similaridades foi aplicada por meio de uma análise de proximidade (MDS). Foram aplicadas análises de similaridade com dois fatores cruzados (ANOSIM *two-way crossed*) para testar formalmente as diferenças entre as praias, combinadas com o inverno e o verão. Esta rotina foi usada na interpretação das associações de poliquetas em escala de quilômetros. As mesmas análises foram aplicadas na escala de metros, considerando os níveis praias de cada uma das praias combinados com o inverno e o verão. Neste caso, o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis foi aplicado em função da matriz de abundância dos poliquetas, transformadas para  $\log(x+1)$ .

A ANOSIM *two-way crossed* permite interpretar diferenças entre a combinação cruzada de conjuntos fixos (as praias e os níveis praias) e o tempo (inverno e verão), não exigindo igualdade no número de réplicas entre os fatores (Clarke & Warwick, 2001). Este fato foi determinante na escolha da análise, pois o número de réplicas difere entre os tratamentos. As réplicas sem a presença de poliquetas e os gêneros com representatividade menor do que 1% foram desconsiderados das análises.

Uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi aplicada à matriz de abundância média dos gêneros de poliquetas intersticiais, transformada

para raiz quadrada, para correlacionar os pontos amostrais, os gêneros de poliquetas intersticiais e as variáveis ambientais. As variáveis ambientais foram selecionadas pelo teste de permutação de Monte Carlo ( $p < 0,05$  para 999 permutações) (Ter Braack, 1985), e obedeceram as premissas de não colinearidade entre as variáveis ( $p < 0,05$ ), inexistência de *outliers* e normalidade univariada (Legendre & Legendre, 1998; McGarigal *et al.*, 2000).

Uma Análise de Correspondência (CA) foi aplicada sobre a mesma matriz de abundância dos gêneros de poliquetas intersticiais, transformada para raiz quadrada, executada antes da CCA. Essa rotina foi usada para verificar quão robustas são as correlações entre a abundância dos gêneros de poliquetas intersticiais e os gradientes ambientais considerados. Quando o primeiro autovalor calculado para CA é muito maior do que o primeiro autovalor calculado para CCA, é muito provável que um gradiente ambiental dominante não tenha sido considerado (Palmer, 1995).

A CA e a CCA foram executadas usando o pacote estatístico CANOCO 3.12. O diagrama *biplot* para ilustrar os eixos 1 e 2 da CCA foi construído usando o software MVSP 3.1. O diagrama *biplot* da CA não foi mostrado. Foram considerados apenas os gêneros com abundância relativa maior do que 1%.

Para fins de análise, os pontos amostrais foram codificados segundo a praia, Estaleiro (Est), Ilhota (Ilh), Mansa (Mns), Nereidas (Ner) e Navegantes (Nav), o transecto, um (1), dois (2) e três (3), o nível praial, zona de espraiamento (es) e zona de surfe (sf), e a estação do ano, inverno (Inv) e verão (Ver). As amostras da praia do Atami não foram consideradas nas análises devido à virtual inexistência de poliquetas.

## Resultados e Discussão

### ***Características morfodinâmicas das praias***

As características mais relevantes da morfodinâmica das praias estudadas e suas potenciais implicações para a ocorrência das associações de poliquetas, discutidas no capítulo 1 desta dissertação, são apresentadas na Tabela 1.

As praias de Estaleiro e Ilhota se caracterizaram por apresentar sedimentos grossos e médios, com grande complexidade estrutural, ausência da camada redox e alta biomassa microfitobêntica. Da mesma forma, a alta condutividade hidráulica, a alta declividade da face, os baixos valores de índice ômega e *surfing scaling parameter*, também as caracterizaram como do tipo morfodinâmico reflectivo.

A praia Mansa apresentou em geral sedimento pobremente e moderadamente selecionado, composto principalmente por areia média na zona de espraiamento, e fina na zona de surfe. O alto grau de inclinação da face praial e a estreita zona de surfe dão a esta praia características morfodinâmicas reflectivas. Mansa também apresentou domínio misto entre as amplitudes do regime de onda e maré.

Navegantes, Nereidas e Atami retratam ecossistemas praias com Zonas de Surfe. São praias dissipativas expostas, com zona de surfe larga, composta por grãos finos bem selecionados, baixa condutividade hidráulica em uma zona de espraiamento larga de declividade suave e presença da camada redox nos primeiros centímetros.

Tabela 1. Parâmetros morfométricos, hidrodinâmicos e físico-químicos em cada um dos tres perfis (1, 2 e 3) das praias do Estaleiro (Est), Mansa (Mns), Ilhota (Ilh), Nereidas (Ner), Navegantes (Nav) e Atami (Atm), no Inverno e Verão; altura de onda ( $H_b$ ), razão entre T onda e T espraimento (To/Tes), condutividade hidráulica (K em  $\text{cm.s}^{-1}$ ) ângulo de inclinação da face praial (Ângulo ( $^\circ$ )), *surfing scaling parameter* (SSP), *realtive tide range* (RTR), velocidade de queda adimensional (Ômega). Temperatura do sedimento em graus Celsius (Temperatura), Salinidade (ppt), tamanho médio do grão em phi (T. de grão), porcentagem de carbonato de cácio (%CaCO3) e porcentagem de matéria orgânica (%MO), concentração de clorofila em mg clorofila  $\text{a/cm}^3$  (Clo-a), concentração de feopigmentos em mg de feopigmentos/ $\text{cm}^3$  (Feo-a), considerando a zona de espraimento (Zes) e a zona de surfe (Zsf).

Praia	Estação	Transecto	Hb	To/Ts	K	Angulo	SSP	RTR	Ômega	Temperatura		Sal		T. de grão		CaCO3		MO		Clo-a		Feo-a	
										Zes	Zsf	Zes	Zsf	Zes	Zsf	Zes	Zsf	Zes	Zsf	Zes	Zsf	Zes	Zsf
Estaleiro	Inverno	1	250	1,04	0,0044	16,37	1,03	0,4	2,81	18	19	31	30	0,4095	1,162	2,79	2,52	0,58	1,64	0,2767	0	0	0
		2	250	0,95	0,0058	9,855	2,72	0,4	4	19	20	30	30	0,9371	0,6821	2,61	1,62	1,03	1	0,2013	0	0	0
		3	250	0,85	0,0039	10,74	2,58	0,4	4,22	19	19	31	31	0,9294	0,8058	1,66	3,28	1,08	0,36	0,4528	0,352	0	0
	Verão	1	60	1	0,0227	8,174	0,82	1,67	0,61	26	26	35	35	0,323	1,094	5	4,33	2,17	1,09	0,3321	0,201	0,125	0,23
		2	60	1	0,0101	8,824	0,91	1,67	1,15	26	27	35	35	1,249	0,9958	4,46	4,57	1,72	1,81	0,3723	0,423	0,084	0
		3	60	1	0,0115	8,976	0,77	1,67	1,01	27	28	35	35	0,9962	0,9852	3,63	3,48	1,28	1,21	0,4604	0,415	0,034	0,1
Ilhota	Inverno	1	150	0,97	0,0099	7,448	3,95	0,67	4,65	17	19	34	34	2,074	1,205	1,09	2,95	1,24	1,73	0,2767	0,377	0,048	0
		2	150	0,99	0,0059	7,84	3,88	0,67	2,9	18	17	34	34	1,436	1,273	1,13	3,86	1,17	1,55	0,7296	0,478	0	0
		3	150	0,74	0,0057	6,771	5,84	0,67	4,49	18	18	34	34	1,575	1,002	1,47	1,58	0,84	1,6	0,3019	0,126	0,028	0
	Verão	1	70	0,81	0,0209	10,46	0,43	1,43	1,58	28	29	34	34	1,244	2,331	9,37	9,55	3,59	4,48	0,717	2,981	0,014	0,03
		2	85	0,78	0,0172	11,6	0,4	1,18	1,65	28	29	35	35	0,9932	2,52	7,85	10,26	2,45	3,79	0,8201	1,286	0,017	0,09
		3	50	0,85	0,0151	12,1	0,09	2	1,19	28	30	35	35	1,186	2,365	7,22	11,37	2,57	4,61	0,9434	1,95	0,033	0,15
Navegantes	Inverno	1	80	0,38	0,002	2,368	18,8	1,25	2,06	18	19	25	24	1,391	2,317	3,4	3,47	1,48	1,3	0,2264	0,151	0,035	0
		2	100	0,38	0,0015	2,027	29,7	1	1,66	18	19	25	25	0,8816	2,298	2,36	2,6	0,5	0,69	0,2264	0,05	0	0
		3	150	0,64	0,001	1,192	75,3	0,67	2,84	18	19	26	25	1,396	2,047	2,89	2,86	0,85	1,07	0,4277	0,075	0	0
	Verão	1	70	0,38	0,0028	1,604	28,8	1,43	4,29	28	29	34	32	2,397	2,36	3,77	4,27	1,36	1,9	0	0	0	0
		2	80	0,83	0,0021	1,49	26,4	1,25	4,32	28	31	34	32	2,346	2,655	3,63	3,69	1,28	1,27	0	0,073	0	0,52
		3	70	0,76	0,0033	1,604	15,4	1,43	4,39	28	31	35	32	2,61	2,617	3,36	3,91	1,03	1,48	0,0428	0,375	0	0
Nereidas	Inverno	1	110	0,78	0,0012	2,349	22,1	1,36	4,45	19	18	35	35	1,507	1,516	0,45	0,45	0,89	0,69	0,0755	0,629	0,01	0
		2	100	0,86	0,0012	2,972	15,7	1,5	7,24	19	19	35	35	2,393	1,944	1,86	2,02	0,38	1,29	0,2013	0,201	0	0
		3	100	0,99	0,0012	2,753	18,8	1,5	6,11	19	21	35	34	1,391	2,218	1,76	0,73	0,34	0,51	0,2767	0,604	0	0
	Verão	1	100	0,53	0,0023	0,611	315	1,5	4,46	27	31	35	35	2,214	2,924	2,66	4,05	0,87	0,94	0,4654	0,591	0	0
		2	100	0,52	0,0022	1,289	39	1,5	3,55	27	30	35	35	1,837	2,712	4,01	3,66	1,03	0,88	0,4101	0,385	0	0
		3	100	0,43	0,0023	1,346	36,5	1,5	5,64	27	31	35	35	2,369	2,224	3,83	5,45	0,51	1,93	0,1434	0,387	0,113	0
Mansa	Inverno	1	40	0,96	0,003	6,379	2,6	3,75	2,67	19	17	30	30	1,948	2,71	3,5	1,02	2,3	0,75	0	0,453	0	0
		2	40	1,13	0,0024	8,563	0,89	3,75	1,21	19	19	27	25	2,378	2,464	3,77	2,3	1,52	1,01	0,327	0,302	0	0
		3	50	1,07	0,0023	5,873	1,86	3	1,55	19	18	20	18	2,231	2,355	3,29	2,41	0,89	1,42	0,1761	0,252	0	0,05
	Verão	1	30	0,95	0,0036	7,219	0,68	5	2,61	26	27	24	24	2,442	2,171	3,31	7,77	0,52	1,4	0,1962	0,35	0,026	0,05
		2	50	0,91	0,0055	6,264	1,58	3	2,07	26	28	24	24	1,867	2,853	3,93	2,34	1,09	0,88	0,0528	0,189	0,041	0,08
		3	60	0,94	0,0029	7,525	1,02	2,5	1,42	26,5	27	24	24	1,368	2,803	5,54	10,98	1,66	2,33	0,1811	0,299	3E-04	0
Atami	Inverno	1	80	0,87	0,0005	1,222	21,3	1,88	4,43	19	19	32	32	2,782	2,362	2,11	2,17	0,74	0,86	0,2642	X	0	X
		2	80	0,77	0,0005	1,358	32,7	1,88	5,89	19	21	35	31	2,766	2,86	1,69	3,09	0,85	0,84	0,6541	0,453	0	0
		3	60	0,49	0,0005	1,22	32,3	2,5	5,37	19	22	33	31	2,922	2,753	2,02	1,4	0,56	1,21	X	0,327	X	0
	Verão	1	70	0,51	0,0014	0,955	39,8	2,14	5,82	25	27	34	34	2,98	3,129	3,77	7,56	0,69	2,09	0,3321	X	0,557	X
		2	90	0,41	0,0014	1,07	75,6	1,67	7,29	26	29,5	34	34	2,958	3,134	3,32	5,08	1,08	1,25	0,7572	0,479	0,083	0
		3	90	0,54	0,0014	1,108	44,9	1,67	8,13	27	30,5	34	34	2,995	3	3,16	6,2	0,68	1,9	X	0,294	X	0,14

### ***Ocorrência de poliquetas intersticiais***

A presente análise ecológica adotou o nível de resolução taxonômica de morfotipos em nível de gênero ou espécies tipadas e agrupadas. A identificação formal das espécies requer o exame de órgãos reprodutivos, glândulas epidérmicas e salivares em espécimes maduros e vivos (Westheide, 1990, Nordheim, 1989).

Os conceitos de espécie e táxon superior são construções derivadas de uma ação inferencial com mesma estrutura abdutiva, servindo para o mesmo propósito básico, que é definir padrões a partir de critérios morfológicos, moleculares, reprodutivos e ontogenéticos por meio de observações atuais embasadas em passados evolutivos (Teoria da Evolução) (Fitzhugh, 2005). Fitzhugh (2005) esclarece que o reconhecimento de uma dada espécie representa uma hipótese explanatória inferida de uma teoria tokogenética, que resumidamente refere-se a eventos reprodutivos passados envolvendo organismos individuais, em que um conjunto de eventos (indivíduos de uma espécie) é separado de outro conjunto de eventos (indivíduos de outra espécie) por processos de especiação. Sendo assim, sua determinação a partir de um conceito evolutivo iria além de critérios morfológicos ou moleculares.

As limitações de se trabalhar neste nível de resolução taxonômica são evidentemente reconhecidas. Porém, padrões similares de história de vida e modos de alimentação parecem se repetir nas espécies de um mesmo gênero (Westheide, 1990). Além disto, esta primeira descrição, ainda que informal mas essencial para a análise das associações locais dos poliquetas de praias arenosas, servirá de base para futuros estudos exclusivamente taxonômicos de poliquetas intersticiais.

Foram reconhecidas 7 espécies, 8 gêneros e 9 famílias de poliquetas: *Dinophilus* sp. (Dinophilidae), *Hesionides* sp. (Hesionidae), *Hesionura* sp. (Phyllodocidae), *Pisione* sp. (Pisionidae), *Polygordius* sp. (Polygordiidae), *Protodriloides* sp 1, *Protodriloides* sp 2 (Protodriloidae), *Protodrilus* spp. (Protodrilidae), *Saccocirrus* spp. (Saccocirridae) e alguns indivíduos pertencentes a família Syllidae (Tabela 2).

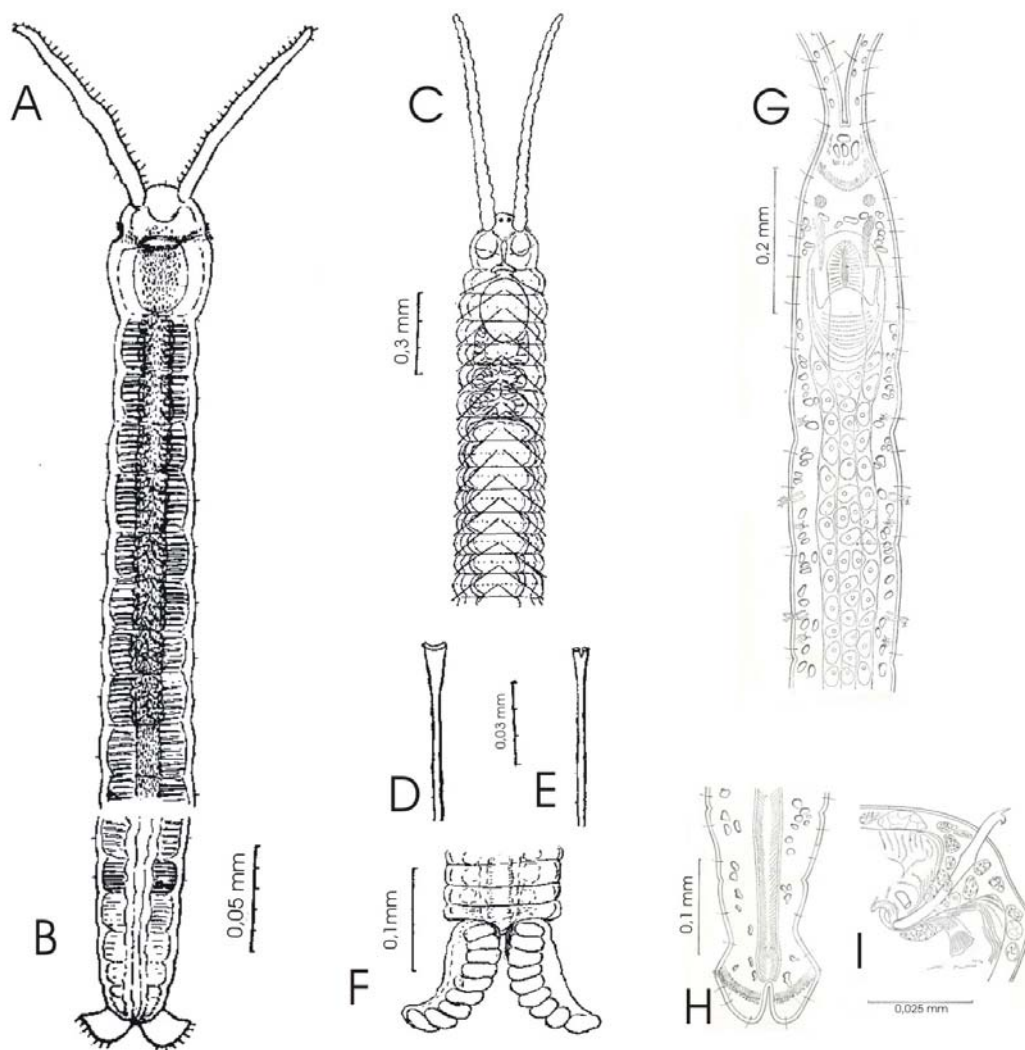
Possivelmente, ao longo de toda a costa amostrada ocorram no mínimo três espécies do gênero *Protodrilus*, e quatro do gênero *Saccocirrus*.



Entretanto, estes animais não foram tipados, sendo aqui tratados coletivamente aqui como *Protodrilus* spp. e *Saccocirrus* spp (Figura 4).

Organismos pertencentes ao gênero *Protodrilus* apresentam corpo alongado, afilado e segmentação externa pouco aparente; sem parapódios evidentes ou cerdas. Dois palpos anteriores, móveis e flexíveis, surgem do prostômio com suas bases distintamente separadas; os canais internos dos palpos não apresentam “ampola”, e são conectados por trás do cérebro. A faringe é proeminente e ventral. O pigídio tem usualmente dois lobos adesivos (Whestheide, 1990; Nordheim, 1989). Os indivíduos referidos a este gênero apresentaram diferenças no número e extensão das glândulas salivares nos segmentos anteriores. Em alguns indivíduos foram evidenciados 3 a 4 órgãos laterais na região mediana e posterior. Ciliação em volta da boca e ventral foi observada em poucos indivíduos. Os padrões merísticos e morfométricos também variaram entre 20 e 60 segmentos e 1 a 4 mm de comprimento. A espécie descrita por Marcus (1948) para a costa brasileira, *Protodrilus corderoi*, mede de 1-2,5 mm de comprimento, com 20-40 segmentos, glândulas epidérmicas coloridas e glândulas salivares não ultrapassando o vigésimo segmento.

O gênero *Saccocirrus* apresenta corpo alongado e esbelto, altamente contrátil, com numerosos segmentos similares. A cabeça é constituída de um pequeno prostômio e de uma longa região bucal sem cerdas (= peristômio). O prostômio tem normalmente dois olhos e dois palpos longos, altamente móveis com canais centrais e ampola basal. O pigídio tem estruturas adesivas. Os segmentos do corpo apresentam pequenos parapódios cilíndrico retráteis, com um feixe de cerdas simples de diferentes tipos, exceto em um variável número de segmentos mais posteriores em uma zona de brotamento. Bulbo faringeal presente ou ausente (Whestheide, 1990).



**Figura 4.** Gêneros da ordem Protodrilida encontrados no presente estudo: representando *Protodrilus corderoi* (A;B), região anterior (A), pigídio (B); *Saccocirrus pussicus* (C;D;E;F), região anterior (C), cerdas simples (D;E), pigídio (F); *Protodriloides chaetifer* (G;H;I), região anterior (G), pigídio (H), cerda em forma de gancho (I). Ilustrações A, B, C, D, E, e F retiradas de Marcus (1948); ilustrações G, H e I retiradas de Jouin (1966).

Os indivíduos do gênero *Saccocirrus* observados neste trabalho apresentaram parapódios com feixes de diferentes números e tipos de cerdas. Os padrões mais recorrentes foram parapódios com feixes de 3 a 5 cerdas, até 6 cerdas ou até 8. Foram reconhecidas cerdas longas chanfradas, tipo bífida; cerdas com parte distal cega (ou abrupta); e pequenas cerdas côncavas, largas e terminadas em uma linha reta. Os comprimentos variaram entre 20 e 60 mm e o diâmetro entre 0,1 e 0,4 mm. O número de segmentos variou entre 30 e 100.

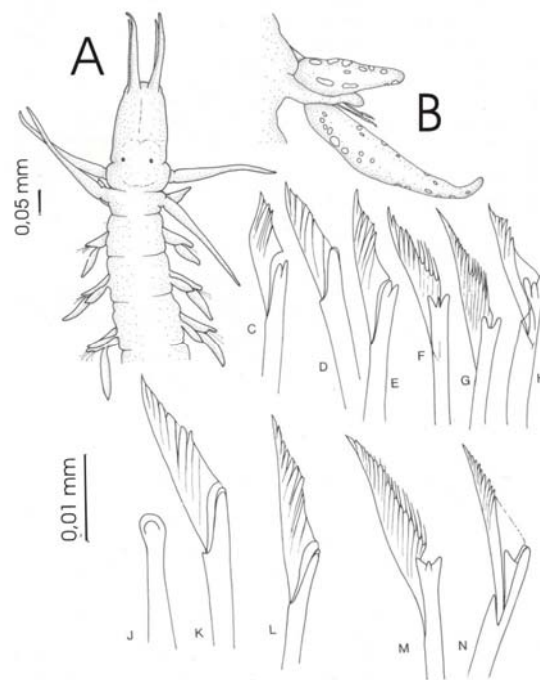
Os tipos observados neste trabalho parecem não corresponder às descrições das espécies de *Saccocirrus* antes reportadas para o Brasil. *Saccocirrus gabriellae* (Marcus, 1946) mede não mais de 30 mm de comprimento e 0,4 mm de diâmetro, com 70 a 160 segmentos e parapódios com feixes de mais de 9 cerdas,. *S. pussicus* (Marcus, 1948) atinge 30 mm em comprimento e quase 0,4 mm em diâmetro, com até 120 segmentos e parapódios com feixes de 5 a 7 cerdas. Futuros avanços nos estudos de poliquetas intersticiais, com abordagens de cunho taxonômico podem revelar a existência de novas espécies para a costa do Brasil.

*Protodriloides* (Figura 4) difere morfologicamente de *Protodrilus* pela presença de palpos parecendo extensões anteriores do prostômio, sem a presença de um canal central (Westheide, 1990). Foram reconhecidos dois morfotipos nas praias estudadas, *Protodriloides* sp 1 e *Protodriloides* sp 2. Duas espécies do gênero são conhecidas, *Protodriloides chaetifer* (Remane, 1926), reconhecidamente cosmopolita e caracterizada por apresentar uma única cerda por parapódio, em forma de gancho, e *Protodriloides symbioticus* (Giard, 1904), encontrada somente na costa Européia (Jouin, 1966; Westheide, 1990, Purschke & Muller, 1996, Worsaae & Kristensen, 2006). Ambas as espécies observadas aqui apresentam cerda única em forma de gancho, porém os padrões morfométricos são bem distintos, *Protodriloides* sp 1 tem mais de 15 mm de comprimento e não mais do que 0,1 mm de diâmetro, enquanto *Protodriloides* sp 2 não ultrapassa 8 mm de comprimento com 0,2 mm de diâmetro. Os lobos pigidiais e tentáculos são bem distintos em cada um dos morfotipos.

*Protodrilus*, *Protodriloides* e *Saccocirrus* são filogeneticamente correlacionados. Estudos morfológicos de Purschke & Jouin (1988) sustentam a definição de três famílias, Protodrilidae, Protodriloididae e Saccocirridae na ordem monofilética Protodrilida. Dentro desta ordem, Saccocirridae formaria um clado com Protodrilidae, e Protodriloididae seria grupo irmão das duas (Worsaae & Kristensen, 2006). As três famílias foram colocadas em Canalipalpata incertae sedis por Rouse & Fauchald (1997) e Rouse & Pleijel (2001); neste último eles se agrupam em uma ordem (Protodrilida).

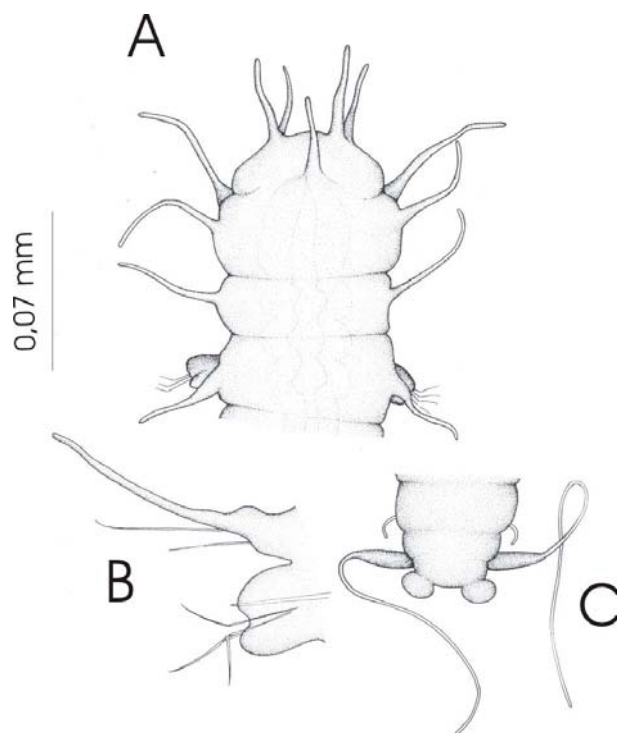
Os indivíduos examinados do gênero *Hesionura* (Figura 5) apresentaram um mesmo padrão morfológico, com pigmentação marrom-amarelada em todo

o corpo, intensificada nos parapódios, e aproximadamente 80 segmentos com pequenos cirros dorsais que acompanham as lamelas parapodiais. A região anterior do prostômio tem um par de antenas, um par de tentáculos e dois segmentos com cirros tentaculares. Os parapódios têm 2 ou 3 cerdas falcíferas, bi ou tridentadas. *Hesionura laubieri* (Hartmann-Schröder, 1963) reportada para o estado da Bahia e São Paulo por Westheide (1974) difere dos indivíduos examinados por apresentar de 4 a 5 cerdas em cada parapódio..



**Figura 5. *Hesionura laubieri* (Phyllodocidae), região anterior do prostômio (A); parapódio (B); cerdas falcíferas, bi- (C; D; E; K; L) e tridentadas (F; G; H; M; N); acículo (J). Ilustração retirada de Westheide (1974).**

Os indivíduos examinados do gênero *Hesionides* (Figura 6) apresentaram um único padrão morfológico, atingindo 0,3 mm de comprimento e 0,05 de diâmetro para 11 segmentos, com dois pares de palpos, uma antena e dois pares de cirros tentaculares grandes, além da presença de apêndices pigidiais. Os segmentos têm parapódios compostos por notopódios, com cerdas simples, e neuropódios, somente com cerdas compostas. *Hesionides gohari* (Hartmann-Schröder, 1960), reportada para o estado da Bahia por Westheide (1974) difere muito pouco dos indivíduos examinados, exceto pelo maior comprimento dos espécimes observados na Bahia, que atingiam 0,8 mm.



**Figura 6. *Hesionides gohari* (Hesionidae), região anterior do prostômio (A); parapódio (B); pigídio (C). Ilustração retirada de Parapar *et al.* (2004).**

O gênero *Dinophilus* (Figura 7) apresenta prostômio com forma de feijão e pigmentos ocelares. O prostômio, a região bucal e os segmentos apresentam anéis ciliares transversos. A região posterior tem apêndice caudal ventral e cônico. Indivíduos da família Dinophilidae possuem aparato faringeal ventral com bulbo muscular cruzado por miofilamentos regulares (Westheide, 1990). *Dinophilus gyrociliatus*, reportado para o Brasil por Marcus (1948), apresenta extremo dimorfismo sexual, com tamanhos muito mais reduzidos nos machos. Apenas fêmeas, caracterizadas principalmente pela presença de pigmentos ocelares, prostômio em forma de feijão e apêndice caudal cônico, foram coletadas no presente estudo. Seu comprimento não ultrapassou 0,7 mm de comprimento e 0,1 de diâmetro.

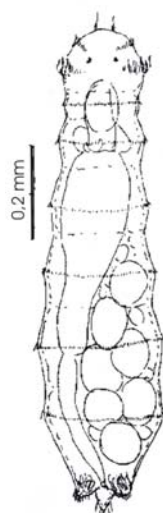


Figura 7. *Dinophilus gyrociliatus* (Dinophilidae). Ilustração retirada de Marcus (1948).

*Polygordius* (Figura 8) apresenta corpo esbelto, afilado, cilíndrico e com numerosos segmentos similares, sem segmentação externa visível, parapódios ou cerdas. A superfície do corpo, extremamente lisa e iridescente, não apresenta ciliação externa. O prostômio tem dois tentáculos frontais, curtos e duros, sem canais internos. O pigídio tem forma de bulbo, com ou sem apêndices, apresentando glândulas adesivas pigidiais em forma de papilas (Westheide, 1990).

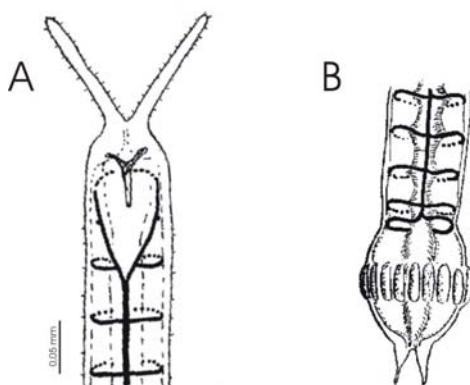


Figura 8. *Polygordius eschaturus* (Polygordiidae), a região anterior (A); pigídio (B). Ilustração retirada de Marcus (1948).

*Polygordius eschaturus* (Marcus, 1948), descrito para o Brasil, atinge 40 mm de comprimento e 0,21 mm de diâmetro, com apêndices e glândulas adesivas pigidiais. O número de segmentos varia entre 120-180. Santos (não publicado) descreveu exemplares de *P. eschaturus*, com 24 mm de

comprimento e 0,21 de diâmetro. As variações morfométricas podem ser decorrentes da regeneração de diferentes partes do corpo, como pigídio, apêndices pigidiais e antenas. Os indivíduos encontrados e examinados neste trabalho pouco diferem das descrições feitas por Marcus (1948) e Santos (não publicado).

*Pisione* foi desconsiderado das análises. Seu corpo, bem mais robusto e de maior tamanho do que os demais poliquetas examinados, deixa dúvidas quanto ao seu hábito de vida ser condicionado ou restrito aos espaços intersticiais.

Adicionalmente foram identificados juvenis da família Glyceridae, na praia de Nereidas, da família Sabellidae, na praia de Estaleiro, e muitas larvas do gênero *Scoelelepis*, no verão, nas praias do Atami, Nereidas e Navegantes, todos pertencentes à meiofauna temporária (Westheide, 1988). A presença de juvenis da macrofauna pode influenciar negativamente a ocorrência de formas permanentemente intersticiais, por competição, predação ou bioturbação (McLachlan & Brown, 2006)

Os gêneros *Protodrilus*, *Polygordius*, *Saccocirrus*, *Hesionides* e *Hesionura*, já haviam sido registrados no litoral do Paraná (Barros *et al.*, 2001; Lana *et al.*, 2006). *Protodriloides* e *Dinophilus* são registradas pela primeira vez. Registra-se pela primeira vez os gêneros *Protodrilus*, *Polygordius*, *Saccocirrus*, *Hesionides*, *Protodriloides* e *Dinophilus* no litoral centro-norte de Santa Catarina. Não foram ainda registrados gêneros e famílias endêmicas de poliquetas intersticiais (Westheide, 1990), embora futuros avanços na taxonomia do grupo possa eventualmente revelar o endemismo de algumas espécies.

## Associações de poliquetas

As praias do Estaleiro e da Ilhota apresentaram a maior abundância e riqueza, com *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp, *Hesionides* sp., *Hesionura* sp., *Pisione* sp., e alguns indivíduos pertencentes á família Syllidae. Na zona de espraiamento de Estaleiro também ocorreu *Polygordius* sp., não encontrado na praia da Ilhota. *Protodriloides* sp 1 e *Protodriloides* sp 2 foram reportados na zona de surfe da praia da Ilhoata na estação de verão. Na praia Mansa foram identificados *Protodrilus* spp., *Saccocirrus* spp, *Hesionides* sp., *Hesionura* sp., sendo *Protodrilus* spp. o mais representativo em ambas estações. Na Praia de Navegantes foram identificados *Protodriloides* sp 1, *Dinophilus* sp. e *Protodrilus* spp. Na praia de Nereidas foram identificados *Protodrilus* spp., *Hesionides* sp., *Hesionura* sp., *Protodriloides* sp1 e *Dinophilus* sp. Nas praias de Navegantes e Nereidas *Dinophilus* sp. apresentou o mesmo padrão espacial e sazonal, com maior abundância na zona de espraiamento no verão. Na praia do Atami não foram reportados poliquetas intersticiais (Tabela 2).

**Tabela 2. Contribuição relativa em porcentagem dos táxons de poliquetas intersticiais, para o número total de indivíduos e riqueza taxonômica, por praia, no inverno (Inv) e verão (Ver), na zona de espraiamento (Es) e zona de surfe (Sf).**

	Ilhota				Estaleiro				Navegantes				Nereidas				Mansa				Atami			
	Es	Inv	Sf	Ver	Es	Inv	Sf	Ver	Es	Inv	Sf	Ver	Es	Inv	Sf	Ver	Es	Inv	Sf	Ver	Es	Inv	Sf	Ver
<i>Saccocirrus</i> spp.	84,6	72,7	74,7	-	7,6	64	41,1	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	5,4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hesionides</i> sp.	4,8	9,1	0,1	-	1,1	6,9	1,3	1,8	-	-	-	-	19	56,1	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protodrilus</i> spp.	7	-	12,5	-	7	13,2	43,5	4,7	-	-	4,2	-	71,4	23	48,2	42,9	87,1	-	96,3	100	-	-	-	-
<i>Hesionura</i> sp.	3,5	-	12,5	-	9,7	14,2	6,7	27,9	-	-	-	-	-	9,2	-	-	-	-	3,7	-	-	-	-	-
<i>Polygordius</i> sp.	-	-	-	-	74,2	-	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protodriloides</i> sp1	-	-	-	64,1	-	-	0,4	9,2	100	100	4,2	-	4,8	11,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protodriloides</i> sp2	-	-	-	35,9	-	-	-	54,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophilus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91,6	-	-	-	51,8	57,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Syllidae	0,1	-	0,1	-	0,4	1,7	0,2	1,2	-	-	-	-	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pisione</i> sp.	-	18,2	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Número total de indivíduos	1132	11	2198	8569	1130	577	1023	653	80	154	166	-	21	196	85	7	93	-	243	3	-	-	-	-
Riqueza de taxóns	5	3	5	2	6	5	7	8	1	1	3	-	4	4	2	2	4	-	2	1	-	-	-	-

A ANOVA-*nested* (Tabela 3) evidenciou diferenças significativas entre a riqueza, densidade e diversidade quando comparados os transectos de uma mesma praia (ANOVA  $p < 0,001$ , teste HSD). Tal variabilidade está possivelmente associada aos padrões de distribuição das populações de

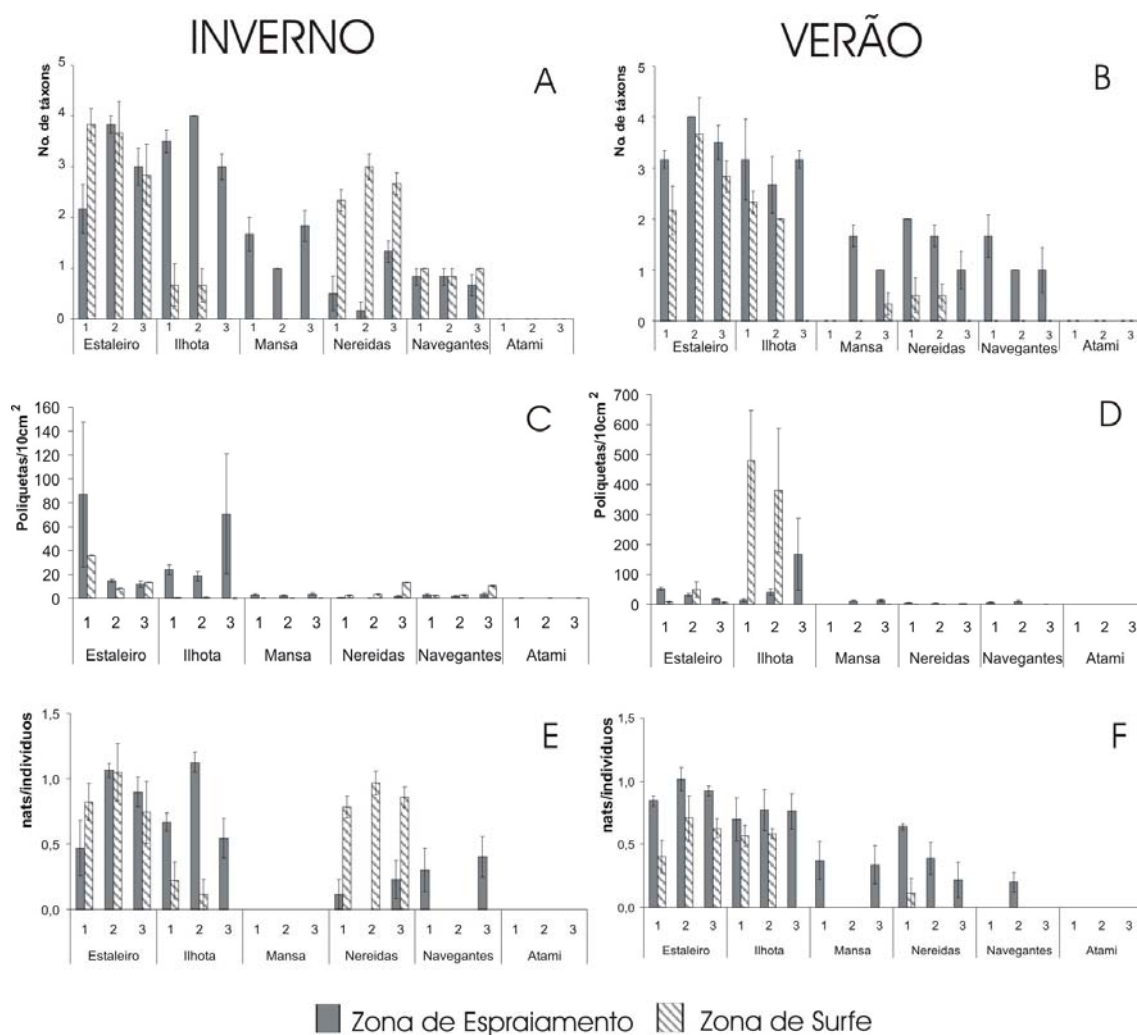


poliquetas intersticiais dentro das diferentes feições morfodinâmicas (cúspides, bancos e canais) observadas ao longo de um mesmo arco praial.

As médias da riqueza variaram entre 0 e 4 gêneros de poliquetas, e foram significativamente menores na zona de surfe, com exceção a praia de Nereidas no inverno (Figura 9A e 9B). A riqueza também foi menor nas praias de Navegantes e Atami, sendo que, nesta última os poliquetas estiveram ausentes. As médias das densidades variaram entre 0 e 479 poliquetas por 10 cm<sup>2</sup> e foram significativamente menores no inverno, na zona de surfe e nas praias de Navegantes, Atami e Mansa (Figura 9C e 9D). A maior densidade ocorreu na zona de surfe da praia da Ilhota observada no verão, ocasionada pelas altas abundâncias de *Protodriloides*. O índice de *Shannon* se destacou por não apresentar diferença significativa para o fator estação do ano (Tabela 3). Os menores valores de diversidade foram observados nas praias de Atami, Navegantes e Mansa (Figura 9E e 9F). Os parâmetros utilizados para descrever as associações de poliquetas intersticiais evidenciaram um padrão semelhante, com as praias de Estaleiro e Ilhota se distinguindo das demais por apresentarem associações mais abundantes e diversas.

**Tabela 4. Sumário da análise de variância hierárquica e análise de variância fatorial da riqueza de gêneros, densidade e diversidade de poliquetas intersticiais considerando os fatores: Estação do ano (GL=1), Praia (GL=5), Nível praial (GL=1) e a interação dos fatores Estação\*Praia (GL=5), Praia\*Nível (GL=5) e Estação\*Praia\*Nível (GL=5) na análise variância fatorial, e a interação Transecto(Estação\*Praia\*Nível) (GL= 64) na análise de variância hierárquica.**

Fatores	Riqueza		Densidade		Diversidade	
	F	p	F	p	F	p
Transecto(Estação*Praia*Nível)	8,74	0,00000	18,32	0,00000	6,33	0,00000
Estação	6,66	0,01023	7,32	0,00715	2,42	0,12087
Praia	229,76	0,00000	266,56	0,00000	139,51	0,00000
Nível	96,24	0,00000	122,84	0,00000	32,13	0,00000
Estação*Praia	4,667	0,000385	35,894	0,000000	7,5770	0,000001
Praia*Nível	40,445	0,000000	25,378	0,000000	18,8544	0,000000
Estação*Praia*Nível	30,199	0,000000	54,855	0,000000	23,8536	0,000000



**Figura 9. Riqueza de táxons (A e B), densidade (C e D) e diversidade (E e F) (média  $\pm$  EP) de poliquetas intersticiais considerando as zonas de espraimento e surfe de cada um dos três transectos (1, 2 e 3) das praias estudadas nos períodos de inverno (A, C e E) e verão (B, D e F).**

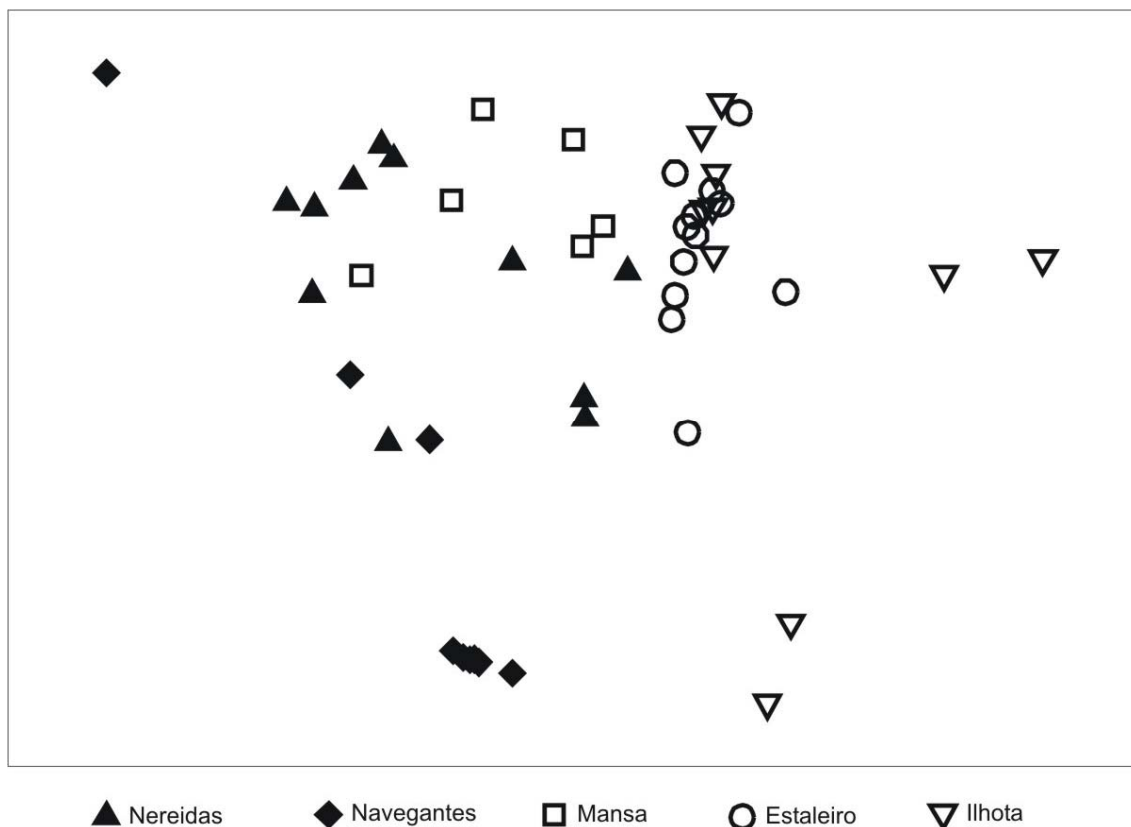
A análise de proximidade (MDS) aplicada para na escala de quilômetros permitiu reconhecer uma clara dependência das associações de poliquetas intersticiais com o gradiente morfodinâmico das praias estudadas (Figura 10). O gradiente observado revela que, apesar das variações sazonais, os tipos morfodinâmicos tendem a prevalecer no estabelecimento das associações de poliquetas intersticiais. Este padrão está fortemente relacionado com a riqueza e abundância dos poliquetas intersticiais

A análise das similaridades com dois fatores cruzados (ANOSIM *two-way crossed*) evidenciou diferenças tanto entre as estações considerando as praias, como entre as praias considerando as estações (Tabela 4). Apenas as associações das praias de Estaleiro e Ilhota, e Mansa e Ilhota foram similares, com as demais diferindo entre si. As diferenças significativas observadas

permitem refutar a hipótese nula de que as associações de poliquetas ocorrem independentemente dos tipos morfodinâmicos das praias. Pelo contrário, evidenciam um padrão de variabilidade espaço-temporal das associações de poliquetas claramente relacionado com mudanças nos níveis de energia hidrodinâmica, topografia e granulometria durante os períodos de inverno e verão.

**Tabela 4. Resultados do teste global (Global R e nível de significância em %) obtidos pela ANOSIM two-way crossed para as diferenças entre a interação dos fatores Estação\*Praias e Praias\*Estação. Testes pareados considerando a interação Praias\*Estação.**

Grupos	R Global	Nível de significância (%)
Estação*Praias	0,404	0,1
Praias*Estação	0,651	0,1
Testes Pareados		
	R estatístico	Nível de significância (%)
Ilhota, Navegantes	0,751	0,1
Ilhota, Nereidas	0,570	0,1
Ilhota, Mansa	0,262	6,6
Ilhota, Estaleiro	0,079	17,6
Navegantes, Nereidas	0,797	0,1
Navegantes, Mansa	0,898	0,1
Navegantes, Estaleiro	0,953	0,1
Nereidas, Mansa	0,425	1,9
Nereidas, Estaleiro	0,768	0,1
Mansa, Estaleiro	0,673	0,1



**Figura 10. Análise de proximidade (MDS), aplicada à abundância média, transformada para raiz quarta, dos gêneros de poliquetas intersticiais coletados em Ilhota, Estaleiro, Mansa, Nereidas e Navegantes, no período de Inverno e verão integrados (Stress=0,1). Símbolos vazios representando as praias classificadas como reflectivas, símbolos cheios praias intermediárias e dissipativas.**

A análise de proximidade (MDS) aplicada na escala de metros para cada uma das praias mostrou padrões de zonação relacionados com o nível da praia e a estação do ano (Figura 11), com diferenças significativas entre associações comprovadas pelo ANOSIM (Tabela 5). Dessa forma, a hipótese nula de independência das associações de poliquetas considerando as diferentes zonas hidrodinâmicas (zona de espraiamento e zona de surfe), de cada uma das praias, no inverno e no verão, foi igualmente refutada. Já era conhecido que estes animais formam associações e obedecem a padrões de zonação razoavelmente definidos em praias arenosas (Westheide, 1972; Villora-Moreno *et al.*, 1991). Westheide (1972) descreveu padrões de distribuição verticais e horizontais das populações de poliquetas intersticiais em uma praia da Tunísia que são determinados por variações sazonais hidrodinâmicas e morfológicas.

**Tabela 5. Resultados do teste global (Global R e p) obtidos pela ANOSIM two-way crossed para as diferenças entre a interação dos fatores Nível(zona de espraiamento e zona de surfe)\*Estação(inverno e verão) e Estação\*Nível, em cada uma das praias analisadas.**

<i>Praias</i>	Nível*Estação		Estação*Nível	
	R Global	p	R Global	p
Estaleiro	0,451	0,001	0,408	0,001
Ilhota	0,997	0,001	0,574	0,001
Mansa	0,971	0,01	0,519	0,001
Nereidas	0,488	0,001	0,773	0,001
Navegantes	0	0,45	0,736	0,001

A praia da Ilhota apresentou o padrão de zonação (R Global = 0,997) mais bem marcado entre todas as praias, como observado principalmente no verão com as altas abundâncias de *Protodriloides* sp 1 e *Protodriloides* sp 2. na zona de surfe. Em Estaleiro o padrão de zonação pode ser visto mais claramente no período de verão, porém não tão distinto como o de Ilhota. No inverno, a zonação foi mascarada pela alta energia de quebra de ondas (Tabela 1) que ressuspende uma grande quantidade de sedimento na zona de surfe e também erode o sedimento depositado na face da praia. Neste ciclo hidrodinâmico os poliquetas intersticiais que estão aderidos ao sedimento possivelmente são deslocados de suas zonas preferenciais. No verão, a zonação foi ocasionada pela maior representatividade de *Protodrilus* e *Saccocirrus* na zona de espraiamento, e *Protodriloides* sp 2. e *Hesionura* no na zona de surfe.

A praia Mansa também apresentou um alto valor de R Global (0,971) e da interação Nível\*Estação, mas sua significância foi menor do que aquela das demais praias ( $p=0,01$ ). O menor número de réplicas tomadas na zona de surfe diminui o número de permutações possíveis, diminuindo também a sua significância (Clarke & Warwick, 2001). Na zona de surfe da Mansa foram encontrados poucos poliquetas intersticiais, restritos apenas ao transecto 3, no verão.

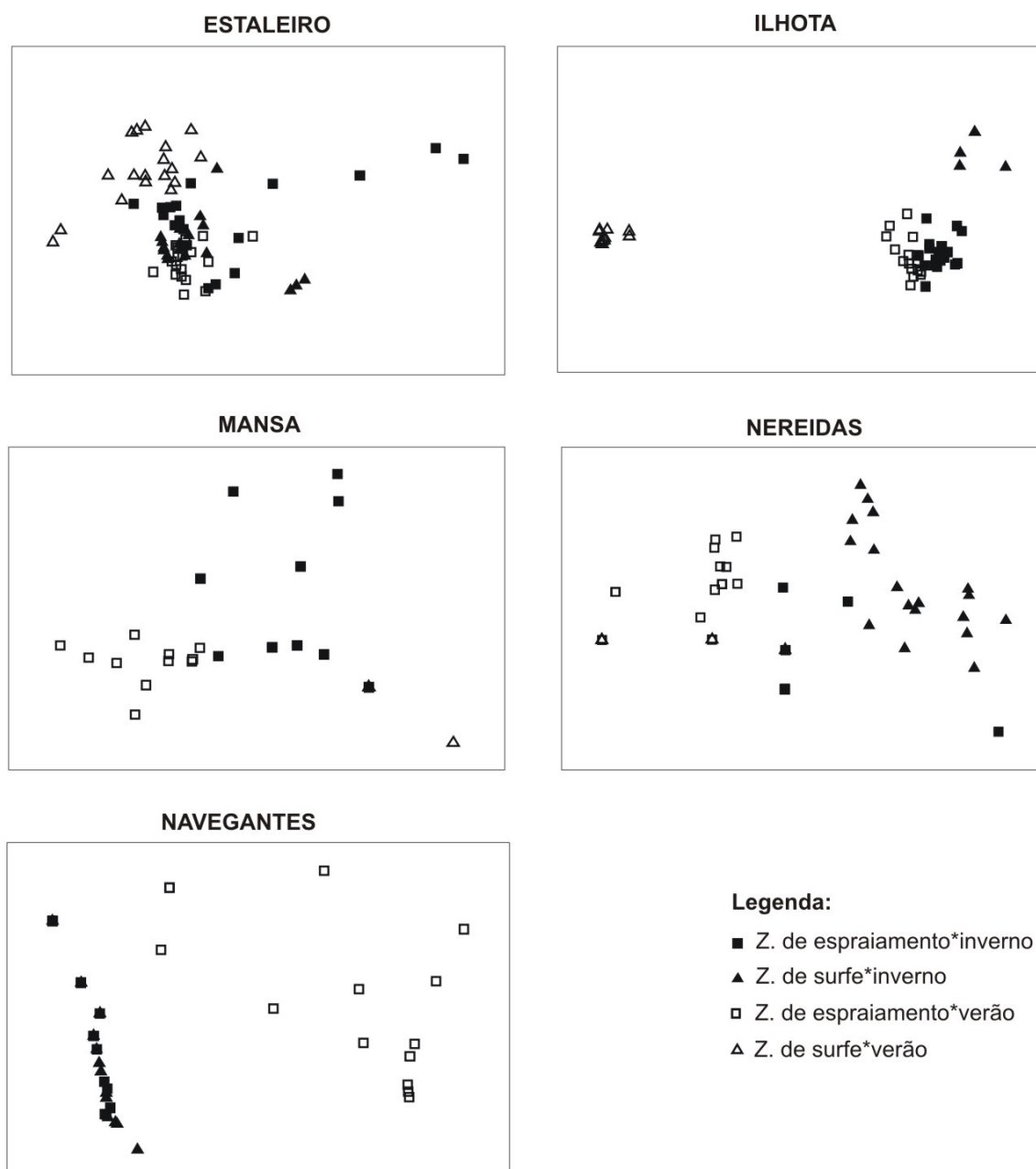


Figura 11. Análise de proximidade (MDS), aplicada à matriz de composição da fauna de poliquetas intersticiais coletados em Estaleiro (stress=0,12), Ilhota (stress=0,04), Mansa (stress=0,07), Nereidas (stress=0,07) e Navegantes (stress=0,02). Legenda indicando a interação do fator Nível\*Estação.

Os padrões de zonação e sazonalidade das praias de Nereidas e Navegantes revelaram um mesmo padrão no verão, com a ocorrência de *Dinophilus* na zona de espraioamento. *Hesionides* na zona de surfe e *Protodrilus* na zona de espraioamento caracterizaram o padrão de zonação de Nereidas no inverno. Em Navegantes não foi possível observar diferença entre os níveis praias considerando as estações (Nível\*Estação). A ausência de indivíduos na zona de surfe, no verão, e a similaridade do espraioamento e zona de surfe no

inverno, não permite o estabelecimento de diferenças significativas. No entanto, foram significativas as variações entre estações do ano, considerando os níveis.

. A zonation age de forma distinta em relação as praias, e está fortemente relacionada ao equilíbrio dinâmico da morfologia praial e sua variação sazonal. De forma geral, as praias reflectivas são marcadas pela presença e representatividade de *Protodrilus* e *Saccocirrus* na zona de espraiamento, e *Hesionura*, *Hesionides* e *Protodriloides* na zona de surfe. As praias dissipativas e intermediárias (Navegantes e Nereidas) foram caracterizadas pela presença de *Protodriloides* sp 1. no inverno e *Dinophilus* sp. no verão.

### **Correlações**

A semelhança do primeiro autovalor calculado para a CA e o primeiro autovalor calculado para CCA evidencia que a ocorrência e abundância de gêneros ou associações de gêneros de poliquetas intersticiais são dependentes das variáveis ambientais consideradas (Tabela 6).

A CCA evidenciou quatro correlações ecológicas significativas entre as associações de poliquetas intersticiais e as variáveis ambientais (Figura 12).

A ocorrência e distribuição de *Hesionura*, *Hesionides*, *Protodrilus* e *Saccocirrus* foram correlacionadas principalmente com maiores altura de onda e maior declividade, agrupando a grande maioria das amostras de Estaleiro, Ilhota e Mansa, além de algumas amostras de Nereidas no período de inverno. *Protodriloides* sp 1 e *Protodriloides* sp 2 foram associados principalmente ao percentual de CaCO<sub>3</sub>, concentração de clorofila *a*, presença de areia média e fina, agrupando as amostras das praias de Navegantes e Nereidas no período de inverno, amostras da zona de surfe de Ilhota e apenas uma da zona de surfe de Estaleiro, ambas no verão.

A ocorrência de *Dinophilus* esteve principalmente relacionada aos maiores índices omega, maiores temperaturas e menor tamanho de grão, o que agrupou a grande maioria das amostras relativas a zona de espraiamento de Nereidas e Navegantes no verão. *Polygordius* esteve associado à maior

declividade e maior altura de onda, e caracterizou apenas a zona de surfe do transecto 1, de Estaleiro no inverno.

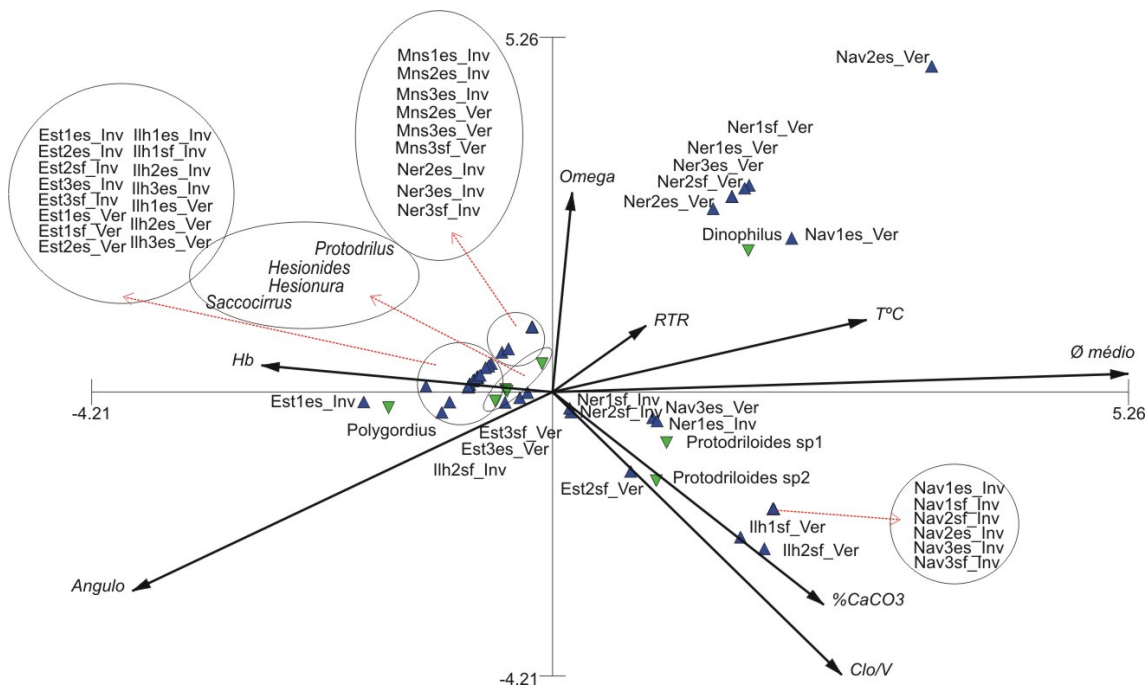


Figura 12. Diagrama representativo dos eixos 1 e 2 obtidos a partir da CCA, considerando as variáveis ambientais, as espécies e as amostras nomeados de acordo com a praia, perfil, nível praial e a estação do ano.

Tabela 6. Análise de Correspondência (CA) e Análise de Correspondência Canônica (CCA) considerando a interpretação dos primeiros quatro eixos de variação (1, 2, 3 e 4); mostrando autovalores calculados para cada eixo; percentagem de variação cumulativa na explicação dos dados de espécie (CA e CCA), da relação espécies-ambiente (CCA), correlações entre espécies-ambiente (CCA), valor de inércia total, e soma de todos os autovalores não contrastados.

Sumário CA				
Eixo	1	2	3	4
Autovalores	0.885	0.710	0.588	0.224
Percentagem de variação cumulativa dos dados de espécie	31.7	57.2	78.3	86.3
Inércia Total				2.790
Soma de todos autovalores				2.790
Sumário CCA				
Eixo	1	2	3	4
Autovalores	0.693	0.481	0.124	0.076
Correlação espécies-ambiente	0.899	0.829	0.587	0.666
Percentagem de variação cumulativa dos dados de espécie	24.8	42.1	46.6	49.3
da relação espécies-ambiente	48.3	81.8	90.4	95.7
Inércia Total				2.790
Soma de todos autovalores				2.790
Soma de todos autovalores canônicos				1.437



Apesar do seu pequeno tamanho, os poliquetas intersticiais podem apresentar os mais variados hábitos alimentares e histórias de vida (Whestheide, 1984), determinantes para sua ocorrência em habitats específicos nos diferentes tipos morfodinâmicos praias.

A complexidade estrutural do ambiente intersticial é preponderante para o estabelecimento de associações dos poliquetas meiofaunais. Há uma maior diversidade de poliquetas intersticiais em áreas com sedimentos pobremente selecionados com contribuição de sedimentos de origem biogênica (fragmentos de conchas) do que em sedimentos lamosos e areno-lamosos (Villora-Moreno *et al.*, 1991;1997).

A região da zona de espraiamento das praias reflectivas, com maior tamanho de grão, maior inclinação, maior fluxo hidráulico, associado com o clima de ondas de uma praia exposta, proporciona ambientes ideais para a ocorrência dos gêneros *Protodrilus* e *Saccocirrus*. A maioria das espécies destes gêneros foram reportadas em ambientes praias intermareais compostos por sedimentos médios e grossos (Marcus, 1946 e 1948; Nordheim, 1989, Whestheide, 1990; Villora-Moreno *et al.*, 1991 e 1997). Esses poliquetas se agarram aos grãos ou conchas com seus apêndices caudais e sua pele pegajosa, devido à presença de glândulas adesivas ao longo do corpo e da cauda (Marcus, 1946, Whestheide, 1990).

No Brasil, Marcus (1946 e 1948) descreveu *Protodrilus corderoi* e *Saccocirrus pussicus* em uma praia da ilha de São Sebastião (SP). O primeiro foi registrado em uma região do mesolitoral com sedimentos médios a grossos, e *Saccocirrus gabriellae* com sedimentos grossos no fundo de uma poça de maré de um costão rochoso em Guarujá (SP). A presença de sedimentos grossos e fragmentos de conchas são indispensáveis para a manutenção funcional e reprodutiva dessas espécies, principalmente em ambientes de alta hidrodinâmica.

Fauchald & Jumars (1979), estudando as guildas alimentares de poliquetas, classificaram a família Protodrilidae como comedores de depósito de superfície ou herbívoros, móveis e sem mandíbulas, e a família Saccocirridae como cavadores, móveis e sem mandíbulas. Marcus (1946) alimentava espécimes de *Saccocirrus gabriellae* mantidas em laboratório com diatomáceas e pedaços de *Enteromorpha*. Tais características reforçam o

ponto de vista de que ambas as espécies registrados no presente estudo podem estar se alimentando do fitoplâncton ou outras fontes de alimento trazidos pela subida das águas das ondas de espraçamento, que é filtrada por uma ampla camada de sedimento, além da própria produção primária microfitobêntica, que pode ultrapassar os primeiros milímetros do sedimento (Mclachlan & Brown, 2006).

A história de vida de representantes das famílias Protodrilidae e Saccocirridae também pode estar sendo determinante de sua ampla ocorrência ao longo das praias estudadas. Ambas apresentam fecundação interna, sexuada, desenvolvimento indireto com larvas planctotróficas, tempo de vida de um ano, com eventos reprodutivos sazonais (Whestheide, 1990; Giangrande, 1997). O fato de estarem abundantemente agrupadas em uma faixa estreita do mesolitoral, o que facilita a fecundação interna, e de apresentar larvas planctotróficas que são levadas pelas correntes de deriva litorânea pode ser determinante para a dispersão desses organismos.

Os gêneros *Hesionides* e *Hesionura*, reconhecidas como cosmopolitas, foram encontrados sob condições morfodinâmicas praias semelhantes. São, característicos de sedimentos grossos, médios ou finos de ambientes intermareais e principalmente infralitoral (Capaccioni *et al.*, 1989; Jing & Baoling, 1991; Baoling & Jing, 1992; Westheide, 1974, 1987; Villora-Moreno *et al.*, 1991 e 1997). No Brasil são conhecidas as espécies *Hesionides gohari*, no estado da Bahia, com ampla distribuição em zonas marinhas quentes, e *Hesionura laubieri*, nos estados de São Paulo e Bahia (Whestheide, 1974). O infralitoral de praias arenosas expostas possui estruturas sedimentares simétricas formadas pela ação das ondas, características por cristas e cavas (*ripple marks*) que resultam em microregiões de grande heterogeneidade granulométrica, com presença de grãos grossos, médios ou finos (Komar, 1998; Short, 1999), o que pode estar favorecendo a ocorrência destes indivíduos..

A família Phyllodocidae, á qual pertence o gênero *Hesionura*, é reconhecida como carnívora, móvel e não mandibulada. A família Hesionidae, á qual pertence o gênero *Hesionides*, é classificada como carnívora ou possivelmente comedora de depósitos superficiais, móvel, mandibulada (Fauchald & Jumars, 1979). Há sugestões de que as zonações em ambientes

marinhos litorâneos são determinadas principalmente por fatores físicos na região do mesolitoral e principalmente por interações biológicas no infralitoral (Connell, 1961). O fato de serem carnívoros pode estar determinando a presença deste indivíduos no infralitoral, onde competem melhor pelo nicho alimentar, evitando a turbulenta zona de espraimento.

As duas espécies conhecidas de *Protodriloides* são reportadas na literatura mundial para sedimentos médios e grossos, , raramente finos, principalmente em regiões sublitorais e mesolitoral inferior, onde geralmente ocorrem em elevadas abundâncias de 100 a 1000 indivíduos por 100 cm<sup>3</sup> (Whestheide, 1990). Tal fato é corroborado pelo presente estudo. *Protodriloides* sp 1 ocorreu no inverno na zonas de espraimento e surfe das praias de Navegantes e Nereidas. No verão, *Protodriloides* sp 1. e *Protodriloides* sp 2 ocorreram em elevadas abundâncias na zona de surfe de dois transectos de Ilhota, e de um transecto de Estaleiro. As correlações observadas na CCA indicaram uma forte associação desses indivíduos com sedimentos medios e finos com alta concentração de clorofila *a* e carbonato.

Existem poucos estudos sobre os padrões alimentares da família Protodriloidae. Sua proximidade filogenética com as famílias Protodrilidae e Saccocirridae, inclusos em uma mesma ordem Protodrilida (Whestheide, 1990; Purschke & Jouin, 1988; Purschke & Müller, 1996; Worsaae & Kristensen, 2006), e sua co-ocorrência em um mesmo ponto da praia, com alta concentração de clorofila *a*, sugerem fortemente que são comedores de depósito de superfície ou herbívoros. Manchas de microfitobentos podem influenciar a distribuição da meiofauna, em função da maior oferta de alimento, como já observado em copépodos e nematódios (Santos *et al.*, 1995). Neste contexto, as altas concentrações de clorofila *a*, principalmente na zona de surfe da praia da Ilhota, podem estar influenciando a ocorrência e distribuição de *Protodriloides*. O fato dos organismos estarem fortemente agrupadas também pode ser explicado com sua história de vida, já que apresentam pseudocopulação, com formação de casulos produzidos por glândulas epidermais em uma região fértil da fêmea, fertilizada diretamente pelos machos. Estes casulos são depositados nos grãos de areia, onde podem permanecer de 10 a 20 dias até eclodirem uma forma juvenil em estágio de desenvolvimento muito avançado (Whestheide, 1990).

Possivelmente estas populações de *Protodriloides* encontram habitats ideais na região mediana da zona da surfe de praias intermediárias como Ilhota. A menor incidência e altura de quebra de ondas no verão sobre as barras ritmicas, fazem com que as ondas percam sua energia na região intermediária da zona de surfe devido á presença de uma cava mais profunda, determinando assim a sedimentação de grãos mais finos e gerando estabilidade ambiental para a proliferação do microfitobentos. .As características físicas da zona de surfe, como a profundidade, são fundamentais para o estabelecimento de zonação de organismos bênticos (Fleischack & Freitas, 1989).

*Polygordius* ocorreu apenas na zona de espraimento do transceto 1 da praia do Estaleiro, sendo muito mais representativo no inverno, o que revela sua forte correlação com maiores alturas de onda e maior declividade da zona de espraimento. Na literatura, a família Polygordiidae é reportada em areias grossas e limpas, com poucos detritos e com a presença de fragmentos de conchas (Whestheide, 1990). No Brasil, Marcus (1948) descreveu *Polygordius eschaturus* na mesma praia da ilha de São Sebastião (SP) onde descreveu *Protodrilus corderoi* e *Saccocirrus pussicus*, encontrados em uma região do mesolitoral inferior composto por sedimentos médios e grossos. Santos (não publicado) identificou o mesma espécie de *Polygordius* na Praia Vermelha (RJ), que também apresenta características morfodinâmicas reflectivas e sedimentos grossos.

*Dinophilus* esteve fortemente relacionado com condições praias dissipativas e maiores temperaturas. Foi característica em poças de marés formadas na zona de espraimento das praias de Navegantes e Nereidas no verão. Tal fato corrobora registros anteriores de ocorrência em vários habitats intersticiais, especialmente em piscinas abrigadas (Whestheide, 1990). No Brasil, Marcus (1948) reportou *Dinophilus gyrotilatus* em areia fina com presença de cascalho na Baía de Santos,.

A forte correlação de *Dinophilus* com a temperatura pode estar associada com sua história de vida, que se caracteriza por forte dimorfismo sexual, por ser continua (várias gerações em um mesmo ano) e pelo desenvolvimento direto (Simonini & Prevedeli, 2003a; 2003b). Simonini & Prevedeli (2003a; 2003b) mostraram que a idade de primeira maturação

diminui com o aumento da temperatura, assim como o tempo de vida. No entanto, as taxas de fecundidade podem aumentar, devido á produção de ovos maiores e em maior número. Isto resultaria numa maior taxa de sobrevivência de juvenis, como compensação reprodutiva para um menor crescimento somático. Em conjunto, estas características explicariam sua maior representatividade no verão, embora não sejam suficientes para explicar sua ausência no inverno. É possível que as populações locais estejam intimamente ligadas ao equilíbrio morfodinâmico de praias intermediárias e dissipativas, ocupando regiões mais profundas no inverno, além da zona de empinamento de onda. Sabe-se que essas praias passam por processos erosivos nesta época do ano, quando todo o sedimento retirado da porção sub-áerea da praia é depositado além da zona de surfe. O clima de ondas de verão, formado principalmente por pequenas vagas oriundas de ventos locais (Alves & Melo, 2001; Araujo *et al.* 2003) favorece a acreção de sedimento novamente para a porção subaérea. O fluxo laminar de baixa energia hidráulica do espraiamento, associada com ondas de infragravidade, resulta na formação de bancos e canais (Hughes & Turner, 1999), formando uma grande zona de saturação com a presença de poças de maré no mesolitoral, que associados com maiores temperaturas tornam-se habitats ideais para a sobrevivência e reprodução de *Dinophilus*.

Em síntese, as maiores riquezas e abundâncias de poliquetas intersticiais são observadas em praias reflectivas, como já constatado anteriormente pela literatura pertinente (Westheide, 1972, Villora-Moreno *et al.*,1991). Praias intermediárias e dissipativas podem sustentar associações representativas, devido principalmente à sazonalidade dos padrões morfodinâmicos. Extremos dissipativos como a praia do Atami, com baixa permeabilidade e areia fina bem selecionada, resultam em um alto grau de compactação do sedimento, diminuindo a infiltração, aeração e oxigenação do sedimento, o que limita a ocorrência e distribuição vertical da meiofauna (Mclachlan, 1989) e também dos poliquetas intersticiais.

Como exceção, a praia Mansa, caracterizada como reflectiva, apresentou baixa abundância quando comparada com Estaleiro e Ilhota. As menores salinidades, que demandam maior consumo de oxigênio (Yamamuro, 2000), as mudanças topográficas devido às obras de engenharia e a grande

contribuição de sedimentos finos, podem ser fatores determinantes na inibição do crescimento e estabelecimento das populações de poliquetas intersticiais.

A abordagem considerando 3 transectos em cada praia permitiu verificar que as variações morfodinâmicas ao longo de um mesmo arco praial (Short, 1999, capítulo 1 desta dissertação) podem determinar a ocorrência e distribuição das populações de poliquetas intersticiais. Este fato já havia sido constatado por Schoeman *et al.* (2003) em abordagens sobre a macrofauna. A variabilidade entre as associações observadas entre os transectos das praias de Estaleiro e Ilhota, tanto na zona de espraiamento como na zona de surfe, são exemplos da heterogeneidade morfodinâmica e biológica dos sistemas praias.

O presente estudo evidenciou que há de fato uma grande variabilidade morfodinâmica e na diversidade de habitats intersticiais, tanto entre praias como dentro de uma mesma praia. A ocorrência e distribuição das associações de poliquetas meiofaunais estão estreitamente correlacionadas com esta variabilidade ambiental.

Os poliquetas meiofaunais são suficientemente representativos e freqüentes para serem considerados em futuros trabalhos de ecologia de praias arenosas. Por sua estreita dependência da morfodinâmica praial prevalente, podem igualmente se mostrar ideais para fins de monitoramento ambiental e para a avaliação dos impactos decorrentes da poluição ou modificações estruturais da linha de costa (Giere, 1993; Coull & Palmer, 1984; Kennedy & Jacoby, 1999; Nipper & Carr, 2003; Mauri *et al.*, 2003; Lee & Correa, 2004).

Agradecimentos: Ao programa de pós-graduação em Ciências Biológicas – Zoologia da UFPR e à CAPES pelo apoio logístico e financeiro. Aos doutores. André R.S. Garraffoni, Cinthya S. G. Santos e à bióloga Verônica M. de Oliveira pelos valiosos auxílios na identificação dos poliquetas. Aos doutores Sérgio Netto, Carlos A. Borzone e Mauricio Camargo pelos comentários críticos. Ao doutor Tito C. M. de Almeida pelo incentivo e apoio em todo o projeto. A todos os integrantes dos Laboratórios de Bentos (UFPR-CEM), de Ecologia de Comunidade Aquáticas (UNIVALI) e de Ciências Marinhas (UNISUL), pela força com materiais de laboratório, idéias e pela amizade.

## Referências

- ALVES, J.H.G.M., MELO, E. Measurement and modeling of wind waves at the northern coast of Santa Catarina, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 49(1/2):13-28, 2001
- ARAÚJO, S. A., 2005. Relatório Climatológico. Sintético mensal. Janeiro a Dezembro. Estação meteorológica automática. Itajaí-SC. Universidade do Vale do Itajaí. Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. Laboratório de Climatologia.
- ARAÚJO, S. A., 2006. Relatório Climatológico. Sintético mensal. Janeiro a Dezembro. Estação meteorológica automática. Itajaí-SC. Universidade do Vale do Itajaí. Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. Laboratório de Climatologia.
- ARAÚJO, C.E.S.; FRANCO, D.; MELO, E.; PIMENTA, F. Wave regime characteristics of the southern Brazilian Coast. COPEDEC VI. Nº 097, 2003.
- BAOLING, W.; JING, Z. Preliminary studies on species of Hesionidae (POLYCHAETA) from Yellow Sea. **Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas**, 10: 36:41. 1992
- BARROS, F.; BORZONE, C. A.; ROSSO, S. Macroinfauna of six beaches near Guaratuba bay, Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 44: 351-364. 2001.
- BORZONE, C. A.; MELO, S. G.; REZENDE, K. V.; VALE, R.; KRUL, R., Macrobenthic intertidal communities from wave to tide dominated beach environments. A case study in two brazilian beaches. **Journal of Coastal Research**, SI 35: 472-480. 2003.
- BORZONE, C.A.; SOUZA, J.R.B.; SOARES, A.G., Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. **Revista Chilena de Historia Natural**, 69: 565-577. 1996.
- BROWN, R. Saccocirridae (Annelida: Archiannelida) from the Central Coast of New South Wales. **Australian Journal of Marine & Freshwater Research.**, 32: 439-456. 1981.
- CAMARGO, MG. Um sistema de código aberto para análises granulométricas do Sedimento. **Revista Brasileira de Geociências**. no prelo.
- CAPACCIONI, R.; VILLORA, S.; TORRES, J. *Hesionura coineau* (LAUBIER, 1962) y *Hesionides gohari* Hartmann-Schröder, 1960 (ANNELIDA POLYCHAETA) en el meiobentos de las playas de arena del Golfo de Valencia. **Acta IX Reunión Bienal de la R.S.E.H.N**: 11-19. 1989.

CAPUTO, H. P. *Mecânica de solos e suas aplicações*. Rio de Janeiro, Editora Livros Técnicos e Científicos. 1980.

CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical analysis and Interpretation. 2ed. Plymouth, Plymouth Marine Laboratory, 2001.

CONNELL, J.H. The influence of intra-specific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. **Ecology**, 42: 710–723. 1961.

DEAN, H. G. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: PROCEEDINGS OF CONFERENCE ON ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE, Sydney, 1973. p. 208-214.

FAUCHALD, K.; JUMARS, P.A. The diet of worms: A study of polychaete feeding guilds. **Oceanography and Marine Biology. An Annual Review**, 17: 193-284. 1979.

FITZHUGH, K. The inferential basis of species hypotheses: the solution to defining the term 'species'. **Marine Ecology**, 26: 155-165. 2005.

FLEISCHACK, P.C.; FREITAS, A.J. Physical parameters influencing the zonation of surf zone benthos. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 28: 517-530. 1989.

GHESKIERE, T.; VINCX, M.; GREET, P.; STEVEN, D. Are strandline meiofaunal assemblages affected by a once-only mechanical beach cleaning? Experimental findings. **Marine Environmental Research**, 61: 245–264, 2006.

GHESKIERE, T.; VINCX, M.; URBAN-MALING, B.; ROSSANO, C.; SCAPINI, F.; DEGRAER, S. Nematodes from wave-dominated sandy beaches: diversity, zonation patterns and testing of the isocommunities concept. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, 62: 365-375. 2005.

GIANGRANDE, A. Polychaete reproductive patterns, life cycles and life histories: an overview. **Oceanography and Marine Biology. An Annual Review**, 35: 323-386. 1997.

GRAY, J. S. A new species of *Saccocirrus* (Archiannelida) from the West Coast of North America. **Pacific Science**, 23: 238-251. 1969.

GUZA, R. T.; INMAN, D.L. Edge waves and beach cusps. **Journal of Geophysical Research**, 80: 2997-3012. 1975.

HIGGINS, R.P; THIEL, H. *Introduction to the Study of Meiofauna*. 1ed. London, Smithsonian Institution Press. 1988.

HOEFEL, F.G. *Morfologia de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica*. Itajaí, Editora da Univali. 1998.



HOPPER, M. **WXTide32 versão 4.5 copyright © 1998-2006.**  
[<http://wxtide32.com>]. 2006.

HUGHES, M.; TURNER, I. The Beachface In: SHORT, A. D., *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. 1ed. London, John Wiley & Sons Ltd, 1999. p. 119-144.

JING, Z.; BAOLING, W. A new species of interstitial polychaete *Hesionura shandongensis* sp. n. (POLYCHAETA, PHYLLODOCIDAE) from Yantai, the Huanghai Sea. **Acta Oceanologica Sinica**, 10: 447-450. 1991.

JING, Z.; WESTHEIDE, W.; BAOLING, W. A new interstitial species of the genus *Pisione* (POLYCHAETA: PISIONIDAE) from Yellow Sea, China. **Oceanologia et Limnologia Sinica**, 22: 304-308. 1991.

JOUIN, C. Morphologie et anatomie comparé de *Protodrilus chaetifer* Remane et *Protodrilus symbioticus* Giard; création du nouveau genre *Protodriloides*. (Archiannélides). **Cahiers de Biologie Marine**, 7: 139-155. 1966.

JOUIN, C.; RAO, G. C. Morphological studies on some Polygordiidae and Saccocirridae (Polychaeta) from the Indian Ocean. **Cahiers de Biologie Marine**, 28: 389-402.

KLEIN, A.H.F.; MENEZES, J.T., Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. **Journal of Coastal Research**, 17(4): 812-835. 2001.

KOMAR, P.D. *Beach Processes and Sedimentation*. 2ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc. 1998.

KOTWICK, L.; SZYMELFENIG, M.; TROCH, M.; URBAN-MALINGA, B.; WESLAWSKI, J.M. Latitudinal biodiversity patterns of meiofauna from sandy littoral beaches. **Biodiversity and Conservation**, 14: 461-474. 2005.

LANA, P.C.; SANTOS, C.S.G.; GARRAFFONI, A.R.S.; OLIVEIRA, V.M.; RADASHEVSKY, V. Checklist of polychaete species from Paraná State (Southern Brazil). **Check List**, 2(3): 30-63. 2006.

LEE, M.R.; CORREA, J.A. Copper mine tailings disposal: consequences for the interstitial polychaete *Saccocirrus sonomacus* (Canalipalpata: Protodrilida). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom** 84: 603-606. 2004.

LEE, M.R.; CORREA, J.A.; SEED, R. A sediment quality triad assessment of the impact of copper mine tailings disposal on the littoral sedimentary environment in the Atacama region of Northern Chile. **Marine Pollution Bulletin** 52: 1389-1395. 2006.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. *Numerical ecology*. 2 ed, Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. Company. 1998.

LORENZEN C.J., Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. **Limnology and Oceanography**, 12. 1967.

MASSELINK, G.; SHORT, A.D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research**, 9 (3): 785-800. 1993.

MARCUS, E.D.B.R. On a New Archiannelid, *Saccocirrus gabriellae*, from Brazil. **Comunicaciones Zoológicas del Museu de Historia Natural de Montevideo**, 37(2):1-11. 1946.

MARCUS, E.D.B.R. *Nerilla mediterranea* from Brazil. **Comun Comunicaciones Zoológicas del Museu de Historia Natural de Montevideo**, 45(2):1-6. 1947.

MARCUS, E.D.B.R. Further archiannelids from Brazil. **Comunicaciones Zoológicas del Museu de Historia Natural de Montevideo**, 48(2):1-27. 1948.

McCAMMON R.B. Efficiencies of percentile measurements for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. **Journal of Geology**, 70: 453-465. 1962.

McGARIGAL, K., CUSHMAN, S., STAFFORD, S. *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. New York, Spring-Verlang. 2000.

MEDEIROS, L.R.A. Conhecimento sobre meiobentos no Brasil e relato de um caso da costa sudeste-sul brasileira: Síntese de conhecimentos. **Publicações Aciesp**, 54: 348-379. 1987.

MEDEIROS, L.R.A. Meiofauna de praias arenosas marinhas. **Publicações. Aciesp**, 71(4): 160-196. 1990.

MOELLMANN, A.M.; CORBISIER, T.N. Does tourist flow affect the meiofauna sandy beaches? Preliminary Results. **Journal Coastal Research**, SI 35: 590-598, 2003.

MORENO, M.; FERRERO, T.J.; GRANELLI, V.; MARIN, V.; ALBERTELLI, G; FABIANO, M. Across shore variability and trophodynamic features of Meiofauna in a microtidal beach of the NW Mediterranean. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 66: 357-367. 2006.

McLACHLAN, A.; BROWN, A.C. *The Ecology of Sandy Shores*. 2ed. Amsterdam, Elsevier, 2006.

NORDHEIM, H. von. Six new species of *Protodrilus* (Annelida, Polychaeta) from Europe and New Zealand, with a concise presentation of the genus. **Zoologica Scripta**, 18: 245-268. 1989.

PARAPAR, J; BESTEIRO, C.; MOREIRA, J. Família Hesionidae. In: VIÉITEZ, J.M.; ALÓS, C.; PARAPAR, J.; BESTEIRO, C.; MOREIRA, J.; NÚÑEZ, J.,

LABORDA, J.; SAN MARTÍN, G. *Annelida, Polychaeta* I. Madrid, Museo Nacional de Ciencias Naturales. 2004. p. 210-266.

PALMER, M. What if the results are uninterpretable? (1995) In: Ordination methods for Ecologists. Disponível em: <http://ordination.okstate.edu/index.html>. Acesso em: 26 jan. 2007.

PURSCHKE, G; JOUIN, C. Anatomy and ultrastructure of the ventral pharyngeal organs of *Saccocirrus* (Saccocirridae) and *Protodriloides* (Protodriloidae fam. n.) with remarks on the phylogenetic relationships within the Protodrilida (Annelida: Polychaeta). **Journal of the Zoological Society of London**, 215: 405-432. 1988.

PURSCHKE, G.; MÜLLER, M.C. Structures of prostomial photoreceptor-like sense in *Protodriloides* species (Polychaeta, Protodrilida). **Cahiers de Biologie Marine**, 37: 205-219. 1996.

RODRÍGUEZ, J.G. Intertidal water column meiofauna in relation to wave intensity on an exposed beach. **Scientia Marina**, 68 (1): 181-187. 2004.

RODRÍGUEZ, J.G.; LASTRA, M.; LÓPEZ, J. Meiofauna distribution along a gradient of sandy beaches in northern Spain. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, 58S: 63-69. 2003.

ROUSE, G. W.; FAUCHALD, K. Cladistics and polychaetes. **Zoologica Scripta**, 26: 139-204. 1997.

ROUSE, G. W.; PLEIJEL, P. **Polychaetes**. London, Oxford. 2001.

SANTOS, P.J.P; CASTEL, J.; SOUZA-SANTOS, L.P. Microphytobenthic patches and their influence on meiofaunal distribution. **Cahiers de Biologie Marine**, 36: 133-139., 1995.

SANTOS, P.J.P.; SILVA, V.M.A.P. *Macrochaeta westheidei* n.sp., first record of Acrocirridae for the Brazilian coast (Annelida, Polychaeta). **Nerítica**, 7:7-12. 1992/93.

SCHOEMAN, D.S.; WHEELER, M.; WAIT, M. The relative accuracy of standard estimators for macrofaunal abundance and richness derived from selected intertidal transect designs used to sample exposed sandy beaches. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 58S: 5-16. 2003.

SHORT, A.D. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. 1ed. London. John Wiley & Sons Ltd. 1999.

SIEWING, R. Zur Verarbeitung von *Pisionidens indica* Aiyar and Alikunnhi. **Kieler Meeresforsch**, 10: 81-83. 1954.

SILVA, A.P.C. *Efeito da maré na distribuição vertical da meiofauna e de Copepoda Harpacticoida na praia arenosa de Maracápe (Pernambuco, Brasil)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2006.

SIMONINI, R.; PREVEDELLI, D.. Effects of temperature on two Mediterranean population of *Dinophilus gyrotilatus* (Polychaeta: Dinophilidae) I. Effects on life history and sex ratio. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 291: 95-110. 2003a.

SIMONINI, R.; PREVEDELLI, D. Effects of temperature on two Mediterranean population of *Dinophilus gyrotilatus* (Polychaeta: Dinophilidae) II. Effects on demographic parameters. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 291: 95-110. 2003b.

SOMERFIELD, P. J.; WARWICK, R.M.; MOENS, T. Meiofauna techniques. In: ELEFThERIOU, A.; MCINTYRE, A. *Methods for study of marine benthos*. 3 ed. Oxford, Blackwell Publishing. 2005.

SOUZA-SANTOS, L.P.; RIBEIRO, V.S.S.; SANTOS, P.J.P; FONSECA-GENEVOIS, V. Seasonality of intertidal meiofauna on a tropical sandy beach in Tamandare Bay (Northeast Brazil). **Journal of Coastal Research**, SI 35: 369-377. 2003.

SUGUIO, K. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo: Blucher/Ed. Universidade de São Paulo. 1973.

Ter BRAACK, C.J.F. *Canoco, a Fortran program for canonical correspondence analysis and detrended correspondence analysis*. Wageningen, The Netherlands, IWIS-TNO. 1985.

VILLORA-MORENO, S; CAPACCIONI-AZZATI, R.; GARCIA-CARRASCOSA, A.M. Meiobenthos of sandy beaches from the Gulf of Valencia (Western Mediterranean): ecology of interstitial polychaetes. **Bulletin of Marine Science**. 48(2): 376-385. 1991.

VILLORA-MORENO, S. Environmental heterogeneity and the biodiversity of interstitial polychaeta. **Bulletin of Marine Science**, 60(2): 494-501. 1997.

WESTHEIDE, W. La faune des Polychètes et des Archiannélides dans les plages sableuses à ressac de la côte Méditerranéenne de la Tunisie. **Bulletin L'Institut National Scientifique et Technique Oceanographie et de Pêche de Salammbô**, 2: 449-468, 1972.

WESTHEIDE, W. Interstitielle Polychaete naus brasilianischen Sandstränden. **Mikrofauna des Meeresbodens**. 31: 1-16. 1974.

WESTHEIDE, W. The concept of reproduction in polychaetes with small body size: adaptations in interstitial species. **Fortschritte der Zoologie**, 29: 265-287, 1984.

WESTHEIDE, W., The interstitial polychaete *Hesionides pettiboneae* n. sp. (HESIONIDAE) from the U.S. East Coast and its transatlantic relationship. **Biological Society of Washington**, 7: 131-139. 1987.

WESTHEIDE, W. Polychaeta. In: HIGGINS, R.P; THIEL, H. *Introduction to the Study of Meiofauna*. 1ed. London, Smithsonian Institution Press. 1988. p. 332-344.

WESTHEIDE, W. *Polychaetes: Interstitial Families*. 1ed. London, Publ. The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Science Association. 1990.

WESTHEIDE, W. *Pisione hartmannschroederiae* sp.n. (POLYCHAETA: PISIONIDAE) from Florida sand beach. **Mitt. Hamburger Zoological Museum Institute**, 92: 77-84. 1995.

WORSAAE, K.; KRISTENSEN, R.M. Evolution of interstitial Polychaeta (Annelida). **Developments in Hidrobiology**, 179: 319-340. 2006.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, 56: 93-118. 1984.

WRIGHT, L.D.; THOM, B.G. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. **Progress in Physical Geography**, 1: 412-459. 1977.

YAMAMURO, M. Abundance and size distribution of sublittoral meiobenthos along estuarine salinity gradients. **Journal of Marine Systems**, 26: 135-143. 2000.